

Deutscher Boden

Band II

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212666

Karl A. Jurasky

Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung

Gebrüder Borntraeger Berlin

7338

re

484

Karl A. Jurasky

Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung





Im Braunkohlenmoor. Nach einem Gemälde von W. KUKUK im Besitz des Braunkohlen-Forschungsinstituts Freiberg, Sa. Verlandungsgürtel; Seerosen (*Brasenia*), Fieder- und Fächerpalmen, Laubbölzer, Zypressen und Mammutbäume. Aufn. K. A. JURASKY.

Deutscher Boden: Band II

Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung

von

Dr. Karl A. Jurasky

Dozent an der Bergakademie Freiberg, Sa. (Institut für Brennstoffgeologie)

Mit 1 Titelbild und 67 Textabbildungen



Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Koester Ufer 17

1936

1936.927



In. 20483.

Alle Rechte,
insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Copyright 1936, by Gebrüder Borntraeger in Berlin



350451 L/1

Vorwort

Es ist gut, Büchern eine Art Ausweis voranzustellen: Welchen Leserkreis sie sich wünschen und was sie ihm vermitteln wollen. Falsche Erwartungen können so berichtigt, Mißverständnisse oder Enttäuschungen vermieden werden.

Die Braunkohlenlager unseres Bodens sind eine der Wurzeln unserer wirtschaftlichen Kraft von heute und noch mehr der von morgen. Was ist Braunkohle? Wo und in welcher Menge tritt sie in Deutschland auf? Wie wird sie gewonnen und was vermögen wir weiter mit ihr zu beginnen? Das sind Fragen, an denen heute weite Kreise Anteil nehmen. Aber die deutsche Braunkohle ist darüber hinaus noch mehr als ein bloßer beliebiger Rohstoff; sie ist ein Stück Heimateerde und hat dieses Besondere an sich: Daß sie ganz aus den Resten lebender Wesen besteht, die einst unser Land besiedelten — vor Jahrmillionen, die Alpen bildeten sich damals erst. Unter Vermittlung der Forschung, deren Arbeitsweise an sich schon fesselnd genug ist, vermag diese schlichte braune Erde die teilweise tropische Üppigkeit einer heute in fernen Zonen lebenden Pflanzenwelt vor uns wiedererstehen zu lassen. Ja, in neuester Zeit hat sie uns auch in reichem Maß mit den fremden, längst ausgestorbenen Tieren bekannt gemacht, die an jener Lebensgemeinschaft teil hatten. Als Ganzes aber, als geologische Schicht, zeigt die Braunkohle entweder selbst Spuren der großen Geschehnisse, die weiterhin bis auf den heutigen Tag über unser Land hinweggingen und seine Oberfläche gestalteten — wir denken da etwa an die Eiszeit — oder ihr Auftreten gab Veranlassung zum Aufdecken und Kennenlernen anderer solche Zeugnisse enthaltender Schichten.

Eine Naturgeschichte der Braunkohle zu schreiben heißt also Heimatkunde, Heimatgeschichte zu vertiefen — bis in die Heimateerde, den Heimatboden hinein.

Daß der Verfasser nicht von außen her an diese Dinge herantritt, sondern selbst sich seit Jahren um die Erkundung vor allem jener versunkenen Pflanzenwelt mitbemüht, mag beiläufig erwähnt

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort.	V
Kohle und Kohlenbildung	
1. Die Entwicklungsreihe der Kohlen.	1
2. Allgemeine Bedingungen der Torfbildung.	2
3. Das Ausgangsmaterial der Kohlen; seine Eigenschaften.	5
4. Die Eigenschaften der Kohlen; der Inkohlungs- vorgang.	11
Geologische Zeittafel.	15
Die Braunkohle	
I. Eigenschaften der Braunkohle	16
1. Stellung in der Inkohlungsreihe	16
2. Stofflicher Aufbau der Braunkohle	18
Der Wassergehalt	18
Die Asche und ihre Bestandteile	18
Die organischen Verbindungen	21
3. Wichtige Braunkohlenarten	23
4. Braunkohle unter dem Mikroskop	25
II. Lebensspuren in der Braunkohle	31
A. Vorbemerkungen	31
B. Pflanzenreste	34
1. Das Braunkohlenholz	34
2. Früchte und Samen	48
3. Blätter und Blatthäute (Kutikulen)	50
4. Kork; Pollenkörner	58
5. Pilzreste	60
C. Tierische Lebensspuren in der Braunkohle.	63
III. Die Entstehung der Braunkohle.	71
A. Boden, Klima und Pflanzenwelt	71
1. Schwierigkeiten der Klärung; grundlegende Lö- sungsversuche	71
2. Wechsel und Wandel im Braunkohlenmoor.	76
3. Bodenständige oder bodenfremde Flözentstehung	89
B. Das erdgeschichtliche Schicksal des Braunkohlentorfs	90
C. Die geologische Altersstellung der Braunkohlen	101
D. Das Schicksal der tertiären Pflanzenwelt Europas	104

	Seite
IV. Übersicht der deutschen Braunkohlenvorkommen	107
A. Das süddeutsche Gebiet	108
B. Westdeutsches Gebiet	109
C. Mitteldeutsches Gebiet	113
D. Ostdeutsches und norddeutsches Gebiet	115
E. Zusammenvorkommen anderer nutzbarer Ablagerungen mit Braunkohle	117
V. Der Bergbau auf Braunkohle	119
VI. Veredlung und Nutzung der Braunkohle	131
A. Preßsteine (Briketts) und Brennstaub	131
B. Elektrizität aus Braunkohle	134
C. Braunkohle als Farbstoff	135
D. Braunkohle als Düngemittel	136
E. Die chemische Veredlung der Braunkohle	136
1. Bitumenextraktion und Verschwelung	137
2. Die „Verflüssigung“ der Braunkohle	139
3. Die Braunkohlenvergasung	140
VII. Braunkohle in Zahlen	141
VIII. Braunkohlenbergbau und Landschaft	144
Schrifttum	150
Sach- und Ortsverzeichnis	154

Allgemeines über Kohle und Kohlenbildung

1. Die Entwicklungsreihe der Kohlen

Vor den besonderen Eigenschaften der Braunkohle müssen wir die Kohle im allgemeinen einer Betrachtung unterziehen. Unter „Kohle“ versteht man ein aus den Resten vorweltlicher Pflanzen aufgebautes, brennbares Gestein, das — früheren geologischen Zeiträumen entstammend und gegenüber dem Ausgangsmaterial weitgehend umgewandelt — dem Schichtaufbau der Erdrinde eingefügt ist. Die Pflanzenwelt früherer Zeiträume hat also die Aufbaustoffe der Kohle geliefert, und sicher entstehen auch heute noch Bildungen, welche im Laufe weiterer geologischer Zeiten zu Kohlen werden können.

Von der stofflichen und gestaltlichen (besonders anatomischen) Beschaffenheit der frischen lebenden oder eben abgestorbenen Pflanze führt eine lückenlose Reihe von Umwandlungsstufen über die fossilen Kohlen bis zum Graphit, einer Erscheinungsform des reinen Kohlenstoffs, in welcher im allgemeinen weder stofflich noch strukturell die mögliche organische Herkunft noch angedeutet ist¹⁾. Wenn wir in dieser, zwischen den beiden Polen Frische Pflanzen-substanz — Graphit verlaufenden „Inkohlungsreihe“ bestimmte Abschnitte durch besondere Namen hervorheben und sie als Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit bezeichnen, so ist dies ein Hilfsmittel unserer Erkenntnis und mehr im Ordnungsbedürfnis des Menschen und auch gewissen praktischen Erfordernissen begründet, weniger in den Gegebenheiten der Natur, die auch hier nur Übergänge kennt. Nur in Grenzwerten sind diese „Inkohlungsstufen“ deutlich voneinander zu unterscheiden. Im übrigen gehen sie inein-

¹⁾ Während ein großer Teil der Graphitvorkommen sicher anorganischer Entstehung ist, läßt sich in anderen Fällen seine organische Abstammung mittelbar wahrscheinlich machen, oder bei offensichtlicher Verknüpfung mit Kohlenlagern erweisen.

ander über und oft genug erscheint es durchaus zweifelhaft, ob ein kohliges Material noch dem einen oder schon dem anderen Stadium zuzurechnen ist. Die aus bergrechtlichen Gründen notwendigen eindeutigen Abgrenzungen sind nicht von der Natur vorgezeichnet, sondern müssen durch eine Gruppe im Übereinkommen willkürlich festgelegter physikalischer und chemischer Reaktionen vorgenommen werden (vgl. S. 17).

Die genannten Einzelstadien der Inkohlungsreihe, von der frischen Pflanzensubstanz bis zum Graphit entfernen sich durch den sich immer stärker auswirkenden Inkohlungsprozeß in ihren formlichen, physikalischen und stofflichen Eigenschaften weiter und weiter von der entsprechenden Beschaffenheit des Ausgangsmaterials.

Im folgenden gilt es zunächst den Eigenschaften des Ausgangsmaterials die Beschaffenheit der Kohle in den allgemeinsten Zügen gegenüberzustellen; davon ausgehend ist die Frage zu beantworten, welcher Art der solche Veränderungen bewirkende Inkohlungsvorgang ist und unter welchen Bedingungen er verläuft.

2. Allgemeine Bedingungen der Torfbildung

Diese Betrachtungen wären freilich gleichsam gegenstandslos ohne vorherige Kenntnis der Umstände, unter denen überhaupt pflanzliche Stoffe sich zu bedeutenderen, erhaltungsfähigen Schichten anhäufen können.

Daß dies nicht ohne weiteres der Fall ist, lehrt schon die einfache Bodenuntersuchung in einem einigermaßen ursprünglichen Laubwald. Obwohl hier Jahrhunderte hindurch alljährlich mindestens der herbstliche Laubfall den Waldgrund immer von neuem mit dichter Streuschicht bedeckte, finden wir doch auf dem mineralischen Verwitterungsboden nur eine dünne dunkle „Humus“-Schicht. Von all den ungeheuren Mengen pflanzlicher Reste ist also so gut wie nichts erhalten geblieben. Zunächst haben allerlei Tiere emsig an ihrer Zerkleinerung gearbeitet; Pilzfäden durchwucherten zersetzend die immer wieder von Niederschlägen mäßig durchfeuchtete Masse und durch die Lebenstätigkeit besonders der allgegenwärtigen Bakterien zerfiel der verwickelte organische Stoffaufbau schließlich in wenige einfache Verbindungen, die sich mit dem ungehindert zutretenden Luftsauerstoff zu flüchtigen Stoffen verbanden: Kohlensäure (CO_2), Wasser (H_2O) und Ammoniak (NH_3) sind die Ergebnisse

dieses als Verwesung bezeichneten Vorgangs, der keinerlei kohlige Reste zurückläßt, sondern alles rasch wieder in den Kreislauf der Stoffe einfügt.

Nur wo durch gehemmten oder mangelnden Sauerstoffzutritt mit der Tätigkeit der an der Luft lebenden (aëroben) Bakterien auch die Zersetzungs Vorgänge verlangsamt oder verhindert werden, können sich Pflanzenreste zu nennenswerten Ablagerungen anhäufen.

Unter feuchten und kühlen Klimaverhältnissen bilden sich in Wäldern, vor allem in Nadelwäldern, auf nährstoffarmem Boden mächtige Schichten von Rohhumus oder Trockentorf. Die ausreichenden Zutritt der Luft hindernde Durchfeuchtung des Bodens und der Auflagestreu läßt zusammen mit anderen ungünstigen Umständen nur eine dürrtige Kleinlebewelt aufkommen; dementsprechend unvollkommen ist die Zersetzung, ungesättigte Humus-säuren entstehen, welche die biologischen wie die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Bodens noch weiter verschlechtern und erst recht die Rohhumusbildung begünstigen.

Von da zur Hochmoorentstehung ist oft nur ein Schritt. Durch die wasserundurchlässige Rohhumusschicht staut sich das Regenwasser; auf dem vernäßten und versauerten Boden siedeln sich Torfmoose (vor allem *Sphagnum*-Arten) an, die bald zu dichten, gleich einem Schwamm mit Niederschlags-Feuchtigkeit vollgesogenen Decken zusammenschließen, in mächtigen Polstern ständig weiter zur Höhe wachsen und den Wald ersticken. Seine vom Torfmoos überwallten Reste werden nun so gut wie ganz vom Luftzutritt abgeschlossen und fallen gleich den unteren Teilen der immer weiterwachsenden Hochmoorpflanzen der Vertorfung anheim. Sie bleiben, oft unter weitgehender Beibehaltung ihrer Struktur, als Torf erhalten. Die Vertorfung ist schon im Hinblick auf die so verschiedene und so verwickelte chemische Natur der ihr unterliegenden Pflanzenstoffe (vgl. unten!) ein schwer zu durchschauender, aus unzähligen Einzelprozessen zusammengesetzter Gesamtvorgang. Bringen wir — mehr das Ergebnis als den Weg betrachtend — die Dinge auf die einfachste Formel, so können wir von einer überaus gehemmten Verbrennung unter langsamem Verbrauch des in den Pflanzenresten selbst enthaltenen Sauerstoffs sprechen. Demzufolge nehmen Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt der vertorfenden Reste ständig ab und kohlenstoffreiche Kohlenwasserstoffe werden immer mehr angereichert (s. auch S. 12).

Rohhumus- und Hochmoorbildung sind hinsichtlich der Feuchtigkeit allein von den Niederschlägen abhängig; sie sind also klimatisch bedingt.

Anders die Niederungs- oder Flachmoore. Sie stehen unter dem Einfluß des Grundwassers und bilden sich durch die Versumpfung nassen Bodens und Verlandung stehender Gewässer, worauf wir noch a. a. O. zu sprechen kommen (S. 83). Die Reste der immer weiter vorrückenden und schließlich zur Herrschaft über das offene Wasser gelangenden Wasser- und Sumpfpflanzen sinken hier nach dem Absterben unter den Grundwasserspiegel und vertorfen. Die den Verlandungsvorgang einleitende Anfangsvegetation besonders eiweiß- und fettreicher Algen nimmt ebenso wie die ähnlich beschaffene Tierwelt hinsichtlich ihres Schicksals und der Beschaffenheit der daraus entstehenden Bildungen (Faulschlammgesteine, Sapropel) eine Sonderstellung ein. Ihre Reste unterliegen der von der Vertorfung etwas verschiedenen Fäulnis und weiterhin (entsprechend dem Inkohlungsvorgang) der Bituminierung, deren Ergebnisse brennbare Gase (vor allem Sumpfgas oder Methan, CH_4) und feste Verbindungen aus C, H und O sind, die sich durch besonders hohen Wasserstoffgehalt bei verhältnismäßig geringem Kohlenstoffanteil gegenüber den bei der Vertorfung entstehenden Humusstoffen auszeichnen.

Es wird sich noch zeigen, daß für die Kohlenbildung zweifellos die Niederungsmoore, deren Beschaffenheit im übrigen sehr wechselvoll sein kann, zu allen Zeiten die entscheidende Rolle gespielt haben. Ihr Pflanzenwuchs wird — im Gegensatz zu den Hochmooren — vom nährstoffreichen Grundwasser gespeist. Die Üppigkeit der Vegetation kann hier ziemlich unabhängig vom Feuchtigkeitsgrad des Klimas sein wie etwa die „Galerie“-Wälder am Ufer der Trockengebiete durchziehenden Flüsse. Die Wissenschaft bezeichnet solche von der Klimafeuchtigkeit mehr minder unabhängige Pflanzengesellschaften als „Edaphische Formationen“. Auch Kohlenbildung braucht nicht unter allen Umständen an ganz besondere Feuchtigkeitsverhältnisse des über weite Landstriche herrschenden Gesamtklimas gebunden zu sein¹⁾. Hingegen ist die wechselnde Eigenart

¹⁾ Die sonst allerdings weitgehend vom Klima abhängige Nähe des Grundwasserspiegels an der Landoberfläche wurde in den Braunkohlenmooren im allgemeinen durch Senkungsvorgänge erhalten. Freilich, gar zu extrem trocken durfte das Klima nicht sein, sonst wurde zutage tretendes Grundwasser binnen kurzem aufgezehrt, sein Spiegel rasch gesenkt!

des Klimas für die Artzusammensetzung der Pflanzenwelt verschiedener Niederungsmoore bestimmend. Daß die Pflanzenwelt der vorzeitlichen Niederungsmoore in ihrer Gesamtausprägung (als Vegetation) wie ihren Einzelercheinungen (als Flora) einem ständigen, teils eigengesetzlichen, teils von außen bewirkten Wandel unterlag, darauf wird gelegentlich der Besprechung der Braunkohlenbildung noch besonders eingegangen werden.

Im übrigen ist es durchaus wahrscheinlich, daß innerhalb des Gesamtvorgangs einer Kohlentorf-Ablagerung zeitweise und vorübergehend auch Trockentorf- und Hochmoorbildungen beteiligt waren, besonders während feuchter Klimaperioden.

3. Das Ausgangsmaterial der Kohlen; seine Eigenschaften

Alle Kohlen verdanken — wie erwähnt — Anhäufungen von Pflanzenresten ihre Entstehung, und zwar sind zu allen, durch Kohlebildung ausgezeichneten Zeiten die im System höherstehenden Gefäß-Pflanzen dabei führend beteiligt gewesen, also folgende Gruppen:

Die Farnpflanzen im weitesten Sinn (*Pteridophyta*). Sie umfassen u. a. die wichtigen Klassen der Schachtelhalmgewächse (*Equisetinae*), Bärlappgewächse (*Lycopodiinae*) und vor allem die beiden Klassen der eigentlichen Farnpflanzen (*Filicinae*) und der Samenfarne (*Cycadofilicinae* oder *Pteridospermae*).

Diese Gruppe war vor allem an der Bildung unserer älteren Kohlen, z. B. der karbonischen Steinkohlen, hervorragend beteiligt.

Die nacktsamigen Blütenpflanzen (*Gymnospermae*).

Unter ihnen war besonders die Klasse der Nadelbäume (*Coniferae*) im Verein mit der folgenden Gruppe in den jüngeren geologischen Zeiträumen, insbesondere im Tertiär („Braunkohlenzeit“) ein wichtiger, besonders für die Braunkohle maßgebender Kohlenbildner.

Die bedecktsamigen Blütenpflanzen (*Angiospermae*), zu denen neben den meisten Kräutern, Stauden und Sträuchern unserer Pflanzenwelt vor allem auch die Laubbäume gehören, waren sicher ebenfalls reich in der Pflanzenwelt, besonders der tertiären Braunkohlenbildungsfelder vertreten, wie ihre zahlreichen Spuren beweisen.

Von den im System tieferstehenden Pflanzengruppen dürften die Moose (*Bryophyta*) besonders bei der Bildung unserer jungen Braunkohlen immerhin eine gewisse Rolle gespielt haben, auch wenn von ihnen so gut wie keine erkennbaren Reste darin erhalten geblieben sind. Ihre Bedeutung für die Bildung unserer Torflagerstätten ist bekannt.

Daß auch Algen Kohle bilden können, mag erwähnt werden; gewisse Steinkohlenarten, die Bogheadkohlen, sind in der Hauptsache aus ihnen aufgebaut. Hingegen hatten sie für die Bildung der deutschen Braunkohlen keine größere Bedeutung, abgesehen von den schon zu den Ölschiefen weisenden Dysodil- oder Pappdeckelkohlen (vgl. S. 24).

In gestaltlicher Hinsicht ist das pflanzliche Ausgangsmaterial der Kohlen durch seine zellige Feinstruktur charakterisiert (vgl. S. 31 ff.).

Um die chemischen Eigenschaften der Kohlen und den Inkohlungsprozeß verstehen zu können müssen wir nun unsere Aufmerksamkeit der stofflichen Natur des Ausgangsmaterials sowie den weiterhin in ihm vor sich gehenden Veränderungen widmen.

Da vor allem die höheren Pflanzen an der Kohlenbildung beteiligt waren, besonders an der Braunkohlenbildung, und unter ihnen die holzbildenden Gewächse eine große Rolle spielten, zeigen wir zunächst in einer Tabelle den stofflichen Aufbau uns geläufiger Laub- und Nadelbäume, einer krautigen Pflanze und eines torfbildenden Mooses.

Tabelle 1 (Nach STADNIKOFF u. a.)

	Kiefer, <i>Pinus silvestris</i> %	Buche, <i>Fagus silvatica</i> %	Hanf, <i>Cannabis sativa</i> %	Torfmoos, <i>Sphagnum parvifolium</i> %
Zellulose	60,54	67,09	40,57	35,2
Lignin	26,35	22,46	23,34	9,2
Hemizellulosen. . .	13,25	25,88	24,16	} 46,1
Pektinstoffe	1,11	1,75	—	
Eiweißkörper . . .	0,80	1,05	—	—
Wachse, Fette, Harze	3,32	1,20	2,85	9,5

Diese Zahlen geben in ihrer Größenordnung einen guten Überblick über den Anteil bestimmter Stoffgruppen am Aufbau rezenter, d. i. heute lebender Pflanzen; wir sind ohne weiteres berechtigt, diese Ergebnisse hinsichtlich Art und Menge der von den höheren Pflanzen gelieferten Stoffe in ihren großen, bestimmenden Zügen auf die Verhältnisse bei den systematisch nahestehenden Pflanzen früherer geologischer Zeiträume zu übertragen. Die Pflanzen der Tertiärzeit, der unsere Braunkohlen entstammen, können in dieser Hinsicht besonders gut beurteilt werden, denn sie stimmen

mit heute noch lebenden Pflanzen bis zu naher Verwandtschaft überein. Hinsichtlich der hauptsächlich aus Pteridophyten (s. oben) gebildeten Pflanzenwelt der Karbonzeit, welche die Hauptmenge unserer Steinkohlen lieferte, glauben wir ebenfalls an keine sehr große Abweichungen; wir können diese Pflanzen zwar nur von ihren heute noch lebenden kleinen und bescheidenen, entfernt mit ihnen verwandten Nachfahren aus beurteilen. Die Grundzüge im Organisationsplan, in der Organgliederung, das anatomische Bild und die Lebenstätigkeit folgten indessen schon damals denselben Grundsätzen wie auch heute noch, so daß die erwähnte Verallgemeinerung auch dann berechtigt wäre, wenn die unter Umständen einzigartig gute Erhaltung bestimmter Organteile nicht die Möglichkeit gäbe, unmittelbare Einblicke in die stoffliche Beschaffenheit dieser Reste, z. B. durch mikrochemische Reaktionen, vorzunehmen.

Abgesehen von Sonderfällen wie den erwähnten Bogheadkohlen, können wir ganz allgemein behaupten, daß die Herausbildung der — wie wir noch sehen werden — sehr verschiedenen Kohlenarten nur in kleinen Schwankungen etwa auf die verschiedene chemische Gesamtbeschaffenheit einer verschiedenen Pflanzenwelt zurückgeht, sondern daß dafür u. a. hauptsächlich verantwortlich zu machen sind

1. die verschiedenen, z. B. feuchteren, bald trockneren Bedingungen, unter denen es zur Anhäufung pflanzlicher Substanz und zu ihrer beginnenden Umwandlung kam;
2. die z. T. von diesen wechselnden Bedingungen abhängige Art der darin weiterhin wirksamen Zersetzungs Vorgänge;
3. die schon primär durch besondere Bildungsbedingungen oder sekundär durch Zersetzungs Vorgänge erfolgte Auslese und Anreicherung bestimmter, chemisch besonders charakterisierter Einzelteile von Pflanzen;
4. vor allem aber: die weiteren geologischen Schicksale des werdenden Kohlenflözes.

Wir wenden uns nunmehr der näheren Besprechung der von der Pflanze erzeugten und von ihr gelieferten Stoffgruppen zu, deren zwei schon beim Studium der Tabelle 1 sich am Aufbau der Pflanze besonders beteiligt zeigten: Zellulose und Lignin. Ihre demnach zu vermutende hohe Bedeutung für die Kohlebildung war seit jeher Gegenstand besonderer Untersuchungen, welche vor allem in den letzten Jahren zu einem erbitterten wissenschaftlichen Meinungsstreit geführt haben.

Die Zellulose, der Hauptbaustoff der pflanzlichen Zellwand, ist wie Zucker und Stärke ein Kohlehydrat von der allgemeinen Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$ — „n“ wahrscheinlich gleich 6. Sie ist chemischen Angriffen gegenüber außerordentlich beständig, in verdünnten Säuren, in Alkalien, ja selbst in konzentrierter Kalilauge unlöslich; konzentrierte Schwefel- und Salzsäure sowie Kupferoxydammoniak vermögen sie zu lösen.

Ihre Bedeutung für die Kohlenbildung wurde früher sehr hoch eingeschätzt. Neuere Untersuchungen der Chemiker und Bodenkundler zeigten freilich, daß Zellulose nicht nur bei Luftzutritt rasch der biologischen Zerstörung durch Pilze und aërobe Bakterien verfällt; dieser Abbau geht vielmehr auch bei Luftabschluß langsam unter der Einwirkung anaërober¹⁾ Bakterien und Pilze weiter. Es entstehen flüchtige Verbindungen (Methan, Kohlensäure), aber keine kohlenaufbauenden Huminsubstanzen. Trotzdem kann der Feinbau der Pflanzenreste durch andere mindestens in Umwandlungsprodukten erhalten bleibende Stoffe (Lignin) bewahrt bleiben. (Über Feinbau und Doppelbrechung der Zellulose vgl. S. 44, über Zelluloseerhaltung unter besonderen Umständen S. 44.)

Das Lignin ist ebenfalls ein sehr wichtiger Aufbaustoff, besonders der höheren Pflanzen. Es wird bei der „Verholzung“ in die Zellmembranen eingelagert, erhöht deren Starrheit, steift sie gewissermaßen aus, ohne ihre Durchlässigkeit für Lösungen zu beschränken. Im Gegensatz zur Zellulose, die in der Form, wie sie an Pflanzen auftritt, ausgesprochenen Feinbau aufweist, ist das Lignin eine amorphe Substanz. An seinem verwickelten und schwankenden chemischen Aufbau, der noch nicht bis in alle Einzelheiten geklärt werden konnte, nehmen Benzolderivate, Pentosane und aromatische Stoffe Anteil.

Die zu den schon erwähnten Feststellungen über die biologische Zellulosezersetzung führenden Untersuchungen haben gezeigt, daß Lignin von Pilzen und Bakterien nicht zerstört, sondern in haltbare Huminsäuren umgewandelt wird, und daß die Huminsäuren der Braunkohle (s. S. 23) durch bezeichnende Bestandteile auf ihre Herkunft aus Lignin hinweisen.

¹⁾ Solche anaëroben (d. i. „ohne Luft lebende“) Kleinpflanzen gewinnen den zu ihrem Leben nötigen Sauerstoff durch Zersetzung („Gärung“) organischer Stoffe; sie vermögen also auch oder sogar nur bei völligem Luftabschluß zu leben. Ein allbekanntes Beispiel für solche „Anaërobionten“ sind die Hefepilze, die in unserm Dienst die alkoholische Gärung bewirken.

Nach alldem scheint tatsächlich das Lignin entgegen früheren Anschauungen am Kohlenaufbau mehr beteiligt zu sein als die Zellulose. Ob diese aber überhaupt dafür bedeutungslos ist, wie die Chemiker gegenüber den die umgekehrte Ansicht vertretenden Geologen behaupten, scheint mir doch nicht ganz sicher. Noch bewegt sich der heftige wissenschaftliche Streit zu sehr zwischen „Ganz“ und „Garnicht“.

Die Pektinstoffe und Hemizellulosen, auf deren komplizierte chemische Natur wir hier nicht näher eingehen können, sind ebenfalls am Aufbau der Pflanzenmembranen beteiligt; die Hemizellulosen sind in den Moosen besonders stark vertreten.

Da diese auch sonst wenig widerstandsfähigen Stoffe in den Ansammlungen toten pflanzlichen Materials unter natürlichen Bedingungen rasch zersetzt, bzw. in eine Reihe wasserlöslicher Zuckerarten gespalten werden, kann ihnen kaum eine größere Rolle für den Aufbau der Kohle zukommen.

Auch die pflanzlichen Eiweißstoffe, sehr verwickelt gebaute, stark wasserhaltige Kolloide, aus welchen vor allem die eigentliche lebende Substanz der Pflanze, das Protoplasma, besteht, unterliegen rasch dem Zerfall, wobei es zur Bildung von Aminosäuren kommt, die vom Wasser fortgeführt werden — wenn nicht die Zersetzung bis zur Bildung einfachster anorganischer Verbindungen wie Ammoniak usw. fortschreitet. Wenn auch gewisse stickstoffhaltige Huminsäuren der Kohle, vor allem aber des Torfs, unter der Einwirkung von Aminosäuren gebildet werden können, so ist doch die Gesamtbedeutung der Eiweißstoffe für die Bildung der Kohle sicher kaum nennenswert. Indessen dürften sie einen Großteil des in den Kohlen vorhandenen Schwefels geliefert haben, der hier in freier Schwefelsäure, als Pyrit, Markasit, Gips, aber auch in elementarer Form, auftritt.

Die Gruppe der Fette, Wachse und Harze hingegen ist am Aufbau der Kohle wesentlich beteiligt. In der Masse des Ausgangsmaterials machen sie freilich nur einen verhältnismäßig geringen Prozentsatz aus. Aber es handelt sich hier um chemisch sehr widerstandsfähige Verbindungen, die sich lange Zeiträume hindurch nahezu unverändert erhalten und sich bei fortschreitender Zersetzung und Umwandlung des übrigen Materials immer mehr anreichern, ja in Sonderfällen ausschlaggebend den Charakter der Kohle beeinflussen können.

Die Fette treten an den höheren Pflanzen hauptsächlich als Kork, Kutin und Sporopollenin auf, deren besondere Erscheinungsformen an den Organen der Pflanze uns noch näher beschäftigen werden. Die in die Zellen der Rindengewebe eingelagerten Korksubstanzen sind fettartige Körper aus Glycerinestern und zu-

sammengesetzten Estern der Phellon-, Suberin- u. a. höheren Fettsäuren. Kutin und Sporopollenin, die der Korksubstanz nahe verwandt sind¹⁾, erweisen sich als noch widerstandsfähiger als Kork. Organteile aus solchen Substanzen sind aus sehr alten geologischen Zeitabschnitten nahezu unverändert erhalten geblieben und auch in der Kohle eine ständig wiederkehrende Erscheinung.

Auch die Pflanzenwachse überstehen ungeheure Zeiträume nahezu unverändert, wie beispielsweise die aus unsern Braunkohlen extrahierbaren Montanwachse beweisen. Sie finden sich oft als Einlagerungen in gewissen Zellmembranen, im übrigen werden sie als Körnchen, Stäbchen, Schuppen in dünnen Überzügen, manchmal auch zu dicken Krusten ausgeschieden; bescheidene Beispiele für solche Wachausscheidungen bietet auch die heimische Pflanzenwelt in dem abwischbaren „Reif“ auf manchen Früchten wie Weinbeeren und Pflaumen. An gewissen tropischen Pflanzen aber, wie etwa der Karnaubawachs-Palme (*Copernicia cerifera* MART. = *Corypha cerifera* L.) ist die Wachserzeugung so reichlich, daß es in großen Mengen gewonnen und verwertet wird. Hundert Blätter dieser Palme sollen nahezu 2 kg Wachs liefern! Noch mehrere andere Pflanzen, deren Verwandte auch in der Braunkohlenflora auftraten, sind durch ähnlich reichliche Wachsproduktion ausgezeichnet.

Ihrer chemischen Natur nach stehen die Wachse zwischen Fetten und Harzen.

Die Harze sind mit Ausnahme des (tierischen!) Schellacks der Pflanze eigentümliche Stoffwechselprodukte. Ihre Aufgabe liegt im Wundverschluß, im Schutz gegen Austrocknung und Fäulnis, und im Ausschluß bestimmter Zellsysteme von weiterer Funktion. Mit einer einzigen Ausnahme liegen sie im Pflanzenkörper in flüssiger Form vor und stellen Lösungen fester, sehr kompliziert aufgebauter Bestandteile in ätherischen Ölen dar. Viele von ihnen erstarren nach ihrer Loslösung von der Lebenstätigkeit der Pflanze rasch durch Verdunstung des Lösungsmittels oder aber durch chemische Umwandlung (Polymerisation), in deren Verlauf sie auch unlöslich und unschmelzbar werden können. Wie ihre Funktion an der lebenden Pflanze andeutet, sind sie stark antiseptisch und stellen schon deshalb sehr wenig veränderliche Verbindungen vor. In der letzten Zeit auch in älteren Steinkohlen reichlich noch in formhafter Erhaltung ent-

¹⁾ Den verwickelt zusammengesetzten Kutinen fehlt nach VAN WISSE-
LINGH im Gegensatz zum Kork die Phellonsäure.

deckt, sind sie in der Braunkohle ein — auch technisch — außerordentlich wesentlicher Bestandteil.

Natürlich sind mit der vorstehenden Aufzählung nur die wichtigsten, aber bei weitem nicht alle von der Pflanze gelieferten Stoffe erfaßt. Wir möchten als wichtig nur noch das Chitin (= Azetylglykosamin $C_{32}H_{54}O_{21}N_4$) erwähnen. Am Körperbau bestimmter Tiergruppen (Insekten!) hervorragend beteiligt kommt es allerdings in der höheren Pflanzenwelt nicht vor. Hingegen bestehen die Zellfäden vieler Pilze aus dem außerordentlich widerstandsfähigen Chitin. Solche Pilze aber traten besonders im ersten Abschnitt der Zersetzung des von den höheren Pflanzen gelieferten Materials reichlich auf und besonders die jüngeren Kohlen führen ihre Spuren.

4. Die Eigenschaften der Kohlen; der Inkohlungsvergung

Die äußeren Eigenschaften der Kohlen, die wir nun denen des Ausgangsmaterials gegenüberstellen, können sehr verschieden sein; ihre Farbe schwankt vom hellen Gelb bis zum dunklen Braun der meisten Braunkohlen und bis zu dem matten oder glänzenden, ja selbst metallglänzenden (Anthrazit) Schwarz der Steinkohlen. Braunkohlen kommen meist als feuchte, erdige, zerreibliche und abfärbende Masse zutage; die Steinkohlen hingegen haben nur geringen Wassergehalt, sind weitgehend verfestigt, „steinartig“ hart und färben im allgemeinen nicht ab.

Die äußeren Formen der Pflanzenreste, die im Torf noch sehr gut erkennbar sind, verschwinden immer mehr. Schon die Hauptmasse der normalen Braunkohlen läßt nichts mehr davon erkennen. Wenn aber hier die Verwandtschaft mit dem Ausgangsmaterial noch immer durch reichliche Einschaltungen gut erhaltener Pflanzenreste mit allen Übergängen in die formlose Kohle meist noch gut angedeutet ist, so fehlen in der Steinkohle auch diese Einschaltungen — sie zeigt von außen keine Hinweise ihrer pflanzlichen Herkunft, und die vielartigen Pflanzenreste von feinen Farnwedeln bis zu den eigenartig genarbt Stammstücken finden sich fast ausschließlich im Nebengestein.

Diese Wandlung des Pflanzenmaterials zur dichten, harten glänzend- oder stumpfschwarzen Kohle ist eine Nebenerscheinung der fortschreitenden Inkohlung, die im Wesen ein eigen-gesetzlicher chemischer Prozeß ist oder vielmehr ein Ineinander-greifen verschiedener solcher Vorgänge in Richtung einer Gesamt-wirkung: den Eigenschaften der jeweils vorliegenden Kohle. Zum

Verständnis ihrer Wirksamkeit soll zunächst einmal die folgende Elementaranalyse einzelner besonders wichtiger, entwicklungs-mäßig aufeinanderfolgender Kohlenstadien den entsprechenden Zahlen einer für die Kohlenbildung wichtigen Pflanzensubstanz (Holz) gegenübergestellt werden.

Tabelle 2

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Heizwert ²⁾ WE
	C	H	O	N	
	%	%	%	%	
Holz	49—50	6	43—44	1	5000
Torf	55—60	5,5—6	34—39 ¹⁾		5000—5700
Braunkohle . .	67—78	5	17—28 ¹⁾		6000—7300
Steinkohle . .	80—91	4,5—5	4,5—15 ¹⁾		} 7600—8700
Anthrazit . .	96	2	2 ¹⁾		

Die Tabelle zeigt vor allem, daß die aufeinanderfolgenden Glieder der Kohlenreihe immer kohlenstoffreicher und sauerstoffärmer werden; der Wasserstoffgehalt hält sich lange auf etwa gleicher Höhe; erst beim Übergang von der Gaskohle zur Magerkohle, vor allem aber zum Anthrazit, weist er sehr fühlbaren Rückgang auf. Im Zusammenhang mit dem ansteigenden C-Gehalt wächst der Heizwert³⁾ der Kohlen.

Die Kohlen bestehen vor allem aus festen Kohlenwasserstoffen, deren immer weitergehende Anreicherung auf Kosten der andern Bestandteile zu immer höherem Inkohlungsgrad führt. Die Inkohlung selbst ist die unmittelbare Fortsetzung der vorausgegangenen Vertorfung, deren Ergebnis Torf durch sie zu Kohle weiterverwandelt wird. Dieser Vorgang ist eine langsame Selbstersetzung (s. auch S. 3!); er läßt sich als Oxydation auffassen, die infolge des weitgehenden Luftabschlusses zu ihrem Ablauf lediglich auf den in der Pflanzenanhäufung vorhandenen Sauerstoffvorrat angewiesen ist, der auf diese Weise ständig vermindert wird. Er entweicht in Wasser und Kohlendioxyd („Kohlensäure“). Besonders im Steinkohlenstadium wird auch der Wasserstoffgehalt

¹⁾ Einschl. des geringfügigen Schwefelgehalts.

²⁾ Bezogen auf aschen- und wasserfreie verbrennbare Substanz!

³⁾ Er wird in Wärmeinheiten (WE) ausgedrückt; eine Wärmeinheit ist die Wärmemenge, die 1 kg Wasser von 15° C auf 16° C, also um 1° C erwärmt.

durch den Abgang von Methan („Schlagende Wetter“) vermindert, so daß die festen Kohlenwasserstoffe immer mehr für sich allein den Bestand der Kohle ausmachen und der Kohlenstoffgehalt dadurch immer höhere Werte erreicht.

Die Inkohlung gelangt also vor allem auf dem Wege einer „Inneren“ Oxydation zu dem Gesamtergebnis einer Reduktion. Wohl zu unterscheiden von der Inkohlung ist die Verkohlung, deren Endergebnis nicht feste Kohlenwasserstoffe, sondern fast reiner Kohlenstoff ist. Zu diesem Dehydratisierungsvorgang, der bei der künstlichen Herstellung von Holzkohle in Meilern angewendet wird, kam es auf offenbar verschiedenem Weg auch in der Natur; er führte zur Bildung der in vielen Kohlen häufigen Fossilen Holzkohle (Fusit, vgl. S. 24, 29, 44).

Abgesehen von vielen Vorkommen ihres Vorstadiums, des Torfes, ist allen Kohlen gemeinsam, daß sie irgendwie einmal in den Schichtaufbau der Erdrinde eingeschaltet waren, daß die Pflanzensubstanz also durch Überdeckung mit mineralischen Sedimentgesteinen von der Oberfläche mehr oder weniger in die Tiefe versenkt wurde. Durch nachträgliche Wiederentfernung dieses „Hangenden“ im Verlauf von Erosionsvorgängen können die Kohlenlager später wieder ganz oder nahezu an die Oberfläche treten. So sind viele unserer Braunkohlenlager nur von wenigen Metern „Abraum“ bedeckt und können im „Tagbau“ gewonnen werden; andere freilich liegen noch heute hunderte Meter tief im Innern der Erde.

Betrachten wir das zeitliche Auftreten der Kohle und ihrer beiden Hauptarten Braunkohle und Steinkohle unter alleiniger Berücksichtigung der europäischen, vor allem der deutschen Verhältnisse!

Die Ablagerungen zweier geologischer Zeitalter (s. S. 15) zeigen sich in besonderem Maße kohlenführend: die obere Hälfte der dem Erdaltertum zugehörigen Karbonformation, für die sich daher auch der Name „Steinkohlenformation“ einführt, und dann das geologisch verhältnismäßig junge Tertiär, vielfach auch „Braunkohlenzeit“ genannt (vgl. Tabelle 4, S. 102). Den jüngsten Zeitraum bis in die geologische Gegenwart hinein zeichnet reiche Torfbildung aus.

Diese bei uns verwirklichten Verhältnisse sind der Grund zu zwei weitverbreiteten, aber unrichtigen Anschauungen gewesen. Einmal, daß die Kohlenbildung so gut wie ganz auf diese beiden geologischen Zeitabschnitte beschränkt gewesen sei. Das stimmt nicht.

Kohlenbildung hat es in allen geologischen Zeiträumen gegeben, die durch das Auftreten höher organisierter Pflanzen ausgezeichnet waren, also etwa vom Devon ab. Auch in Deutschland treten neben den großen karbonischen Vorkommen (Westfalen, Aachen, Saar, Ober- und Niederschlesien, Zwickau), auch in der als Rotliegendes bezeichneten Unterabteilung der Permformation (Plauenscher Grund bei Dresden) sowie in den Ablagerungen der Kreidezeit (Wealdenkohle des Deistergebiets um Barsinghausen (Stein-) Kohlen auf. Und vollends eine Betrachtung der Kohlenvorkommen der übrigen Welt würde davon überzeugen, daß vom Devon ab (Spitzbergen!) in allen geologischen Formationen nicht nur kleinere, sondern oft sehr beträchtliche Kohlenlagerstätten auftreten.

Eine andere irrtümliche Anschauung ist die, daß ein unmittelbarer Zusammenhang besteht zwischen dem Zustand der Kohle und ihrem geologischen Alter, daß die geologischen Zeiträume gleichsam als Reaktionsdauer der in Frage kommenden chemischen Prozesse ein ausschlaggebender Faktor für die immer weiter gehende Umwandlung des Pflanzenmaterials darstellen — und daß daher die älteren Bildungen als Steinkohlen, weit jüngere aber als Braunkohlen vorlägen.

Auch diese Meinung gründet sich auf unzulässige Verallgemeinerung und ist in dieser Form unrichtig.

Schon in Deutschland finden sich junge tertiäre Kohlen, die unter der Wärme-Einwirkung ehemals emporgedrungener glutflüssiger Gesteine lokal in echte Steinkohle übergeführt wurden. In Niederländisch-Indien tritt eine pliozäne — also recht junge — Kohle auf, welche am Kontakt mit Andesit alle Übergangsstufen von typischer Braunkohle bis zur Steinkohle, ja metallglänzendem Anthrazit zeigt.

Im bayrischen Alpengebiet sind junge Kohlen unter der Einwirkung gebirgsbildender Prozesse, nämlich der Alpenfaltung, in einen wenigstens äußerlich steinkohlenähnlichen Zustand umgeprägt worden. Andererseits treten in Rußland (Tula bei Moskau) Kohlen auf, die älter (Unterkarbon) sind als unsere Steinkohlen, aber trotzdem im typischen Zustand der Braunkohle vorliegen — weil dieses Gebiet seit Urzeiten weder von vulkanischen noch gebirgsbildenden Vorgängen betroffen wurde.

Diese Beispiele müssen uns in ihrer Gegenüberstellung überzeugen, daß weniger die Zeit, aber viel mehr erhöhter Druck und erhöhte Temperatur für die Fortschritte der Inkohlung bestimmend sind. Die Länge der geologischen Zeit-

räume spielt eine nur sehr mittelbare Rolle, insofern ältere Bildungen natürlich eher und öfter Gelegenheit hatten, jenen besonders maßgebenden Einflüssen ausgesetzt zu werden. Das chemische Alter der Kohlen ist wohl zu unterscheiden von ihrem geologischen!

Geologische Zeittafel

Gegenwart	Alluvium
Känozoikum (Neuzeit) ca. 61 Millionen Jahre	
	Quartär (Eiszeit) ca. 1 Mill. Jahre
	Tertiär ca. 60 Mill. Jahre
Mesozoikum (Mittelzeit) ca. 110 Mill. Jahre	
	Kreide
	Oberkreide
	Unterkreide
	Jura
	Malm (Weißer Jura)
	Dogger (Brauner Jura)
	Lias (Schwarzer Jura)
	Trias
	Keuper und Rhät
	Muschelkalk
	Buntsandstein
Paläozoikum (Altzeit) ca. 330 Mill. Jahre	
	Perm
	Zechstein
	Rotliegendes
	Karbon (Steinkohlenzeit)
	Devon
	Silur
	Gotlandium
	Ordovizium
	Kambrium
Urzeitalter	
	Archäozoikum (Algonkium) ca. 500 Mill. Jahre
	Azoikum (Archaikum) ca. 500 Mill. Jahre
Sternzeitalter der Erde, Dauer unbekannt	

Die Braunkohle

Nach dem für das Gesamtverständnis nötigen allgemeinen Abschnitt haben wir uns weiterhin lediglich mit den Braunkohlen zu beschäftigen; wenn wir dabei nur die in unserem Land verwirklichten Verhältnisse berücksichtigen, so liegt dies nicht nur an der gegebenen Beschränkung der vorliegenden Schriftenreihe auf die deutschen Bodenschätze, sondern ist darüber hinaus damit begründet, daß in keinem anderen Land die Braunkohle eine derart große Rolle im Rahmen der Gesamtwirtschaft spielt wie in Deutschland. Die deutschen Methoden der Erforschung, Gewinnung und Verarbeitung der Braunkohlen sind als die am höchsten entwickelten maßgebend für die übrige Welt geworden. Vor allem auch in der Größe seiner Leistung ist Deutschlands Braunkohlenbergbau unerreicht.

I. Eigenschaften der Braunkohle

1. Stellung in der Inkohlungsreihe

Die deutsche Braunkohle ist in ihrer für die Mehrzahl der Lagerstätten typischen Form eine gelbbraune bis braunschwarze abfärbende erdige Substanz, welche in nicht abbauwürdigen Lagen von wenigen cm Stärke bis zu gewaltigen, stellenweise über 100 m mächtigen Flözen den meist lockeren Gesteinen vorwiegend der Tertiärformation (es gibt auch diluviale Braunkohle!) eingeschaltet ist und in unserem Lande größte Verbreitung besitzt. Ihr Wassergehalt ist in grubenfrischem Zustand sehr hoch und beträgt meist 50 bis 60 % (zum Vergleich: Steinkohle ca. 4 %). In vielen Fällen von der lockeren Beschaffenheit einer zerreiblichen braunen Erde zeigt sie sich in anderen Vorkommen oder Flözteilen wieder mehr verfestigt, stückig, mit muscheligen Bruch. Diese Verhältnisse können aber innerhalb ein und desselben Vorkommens in horizontaler und vertikaler Richtung wechseln. Vielfach äußerlich völlig strukturlos ist sie stellenweise reichlich von noch mit freiem Auge deutlich erkenn-

baren Pflanzenresten, vor allem Holz, durchsetzt, ja in manchen Fällen können die als Lignite, besser als Xylite¹⁾ bezeichneten inkohlten Hölzer geradezu die Hauptmasse eines Vorkommen ausmachen.

In der Inkohlungsreihe nimmt die Braunkohle eine mittlere Stellung ein zwischen Torf und Steinkohle. Vom Torf, welcher im allgemeinen eine Bildung der geologischen Gegenwart ist und der sich meist durch und durch, immer aber an seiner Oberfläche aus noch gut erkennbaren Pflanzenresten aufbaut, unterscheidet sich die Braunkohle durch die viel weiter gediehene Zersetzung bzw. Umwandlung des Ausgangsmaterials — wenn wir von den struierten Einlagerungen absehen. Hier sind aber ebenso wie nach der anderen Richtung hin, zur Steinkohle, alle Übergänge vorhanden. In typischen Fällen erscheint die Steinkohle gegenüber der Braunkohle — ganz abgesehen von den chemischen Eigenschaften — viel mehr verfestigt; höheres spezifisches Gewicht, stark verminderter Wassergehalt, schwarze Farbe, erhöhter Glanz sind weitere Unterschiede zur Braunkohle. Indessen gibt es auch chemisch als solche erkennbare Braunkohlen, für die diese Merkmale alle zutreffen würden. Welche Eigenschaften man auch herausgreifen mag, keine genügt für sich allein zur Abgrenzung der Braunkohle von der Steinkohle in der Weise, daß es unseren systematischen Bedürfnissen, vor allem aber den bergrechtlichen Erfordernissen genügen würde. Sie ist eben nicht in der Natur vorgezeichnet. Zur exakten Unterscheidung bedient man sich daher einer Mehrzahl von möglichst leicht und mit einfachen Mitteln durchführbaren chemischen und physikalischen Reaktionen, wobei der Ausfall der Mehrzahl entscheidet. Wir stellen im folgenden einige wichtige und gebräuchliche zusammen.

Braunkohle	Steinkohle
Pulverfarbe („Strich“) braun.	Strich schwarz.
Ergibt mit kochender Kalilauge tief dunkelbraune Lösung.	Entsprechendes Filtrat nicht oder nur schwach gefärbt.

¹⁾ Lignite von lat. *lignum*, Holz, Xylit von griech. *xylon*, Holz. Während im deutschen Sprachgebrauch nur das in der Braunkohle auftretende inkohlte Holz als Lignite bezeichnet wird, ist im englischen der Ausdruck „lignite“ für die Braunkohle schlechthin gebräuchlich. Zur Vermeidung immer wiederkehrender Mißverständnisse empfiehlt sich die mehrfach angeregte Bezeichnung Xylit für Braunkohlenholz.

Braunkohle	Steinkohle
Verdünnte Salpetersäure färbt sich bei Einwirkung auf Braunkohle infolge deren Ligningehalt stark rot.	Die entsprechende Reaktion ergibt keine rote Flüssigkeit.
Extraktion mit siedendem Benzol ergibt braungelb gefärbtes, nicht oder nur wenig fluoreszierendes Extrakt.	Entsprechende Behandlung liefert stark fluoreszierendes Extrakt.

Für den Gebrauch in kohlenchemischen Laboratorien wurde ferner eine eigene Unterscheidungsformel (WIELUCHsche Formel) ausgearbeitet.

Vom bergrechtlichen Standpunkt ist eine Abgrenzung der Braunkohle nicht nur gegenüber Torf und Steinkohle notwendig, sondern auch gegen andere Gesteine, in die sie durch immer stärker werdende mineralische Verunreinigung übergehen kann. Diese Abgrenzung nach dem Aschengehalt wird heute noch verschieden gehandhabt; im allgemeinen darf man solange von Braunkohle sprechen, als der Mineralgehalt nicht ihre Verwendung als Brennstoff unmöglich macht.

2. Stofflicher Aufbau der Braunkohle

Die Braunkohle besitzt — so wie sie in den Gruben „ansteht“ und gewonnen wird (Rohkohle) — hohen Wassergehalt. Abgesehen davon setzt sie sich zusammen aus dem Gehalt an organischen Verbindungen (aus C, H, O, N und S), also dem „verbrennbaren“ Anteil, und einer wechselnden Beteiligung mineralischer, unverbrennbarer Stoffe, der „Asche“.

I. Der Wassergehalt schwankt zwischen 40 und 60 Prozent. Geringer ist er nur bei den unter Einwirkung vulkanischer Gesteine (vgl. S. 98) und gebirgsbildender Vorgänge (s. S. 98) veränderten „metamorphen“ Braunkohlenarten (2—30 %). Die Hauptmenge des Wassergehalts kann durch Trocknen entfernt werden (Grubenfeuchtigkeit); darüber hinaus wird jedoch physikalisch Wasser in der Kohle festgehalten (hygroskopisches Wasser) oder es ist chemisch gebunden, z. B. an die Humusstoffe.

II. Die Asche und ihre Bestandteile. Nach dem Verbrennen der Kohle bleibt ein aus Mineralstoffen bestehender, grau bis rotbraun

gefärbter Rest zurück, die „Asche“. Ihre Menge schwankt außerordentlich und ist mitbestimmend für die Güte einer Kohle, bzw. für ihre Verwendungsfähigkeit. Liegt sie bei guten Braunkohlen unter 10 %, so steigt sie bei anderen auf über 20 % und darüber — bis eben nicht mehr von Kohle gesprochen werden kann, sondern von kohligem Gestein.

Nur ein geringer Prozentsatz der Asche (bis 3 %, in Ausnahmefällen mehr) ist wasserlöslich.

Nur der kleinste Teil der Asche stammt aus der ursprünglichen Pflanzensubstanz, bzw. ist an ihrem Aufbau beteiligt gewesen. Die Hauptmenge wurde schon während der Bildungszeit als Staub eingeweht oder als toniges und sandiges Material eingeschwemmt. Später die bereits überlagerten Flöze durchsickernde Grundwasserströme können weitere Mineralstoffe in gelöster Form hereinbringen wie Kieselsäure, Kalk und Eisenverbindungen. Auch das von oben hereinsickernde atmosphärische Wasser kann aus den das Flöz überlagernden Schichten (z. B. Geschiebemergel, Löß) Stoffe wie Kalk herauslösen und sie in der Kohle ablagern. Durch nachträglich entstehende, von der Erdoberfläche bis in das Flöz hinein verlaufende Spalten und Risse wird oft Sand eingeschwemmt, wie wir ihn in weißen (durch die Humussäuren der Eisensalze beraubten und daher gebleichten) Adern zuweilen am Anschnitt von Flözen beobachten können. Mengenmäßig unwichtig, aber interessant ist die Verschleppung von mineralischem Material durch Tiere. Einzelnen in der Braunkohle auftretende Kieselsteinchen mögen durch Vögel im Mageninhalt hereingebracht worden sein. In der mitteldeutschen Braunkohle finden sich stellenweise sehr häufig Magensteine von Krokodilen.

In den zirkulierenden Grubenwässern gelöste Mineralstoffe werden oft in den der Kohle eingeschalteten Großfossilien, vor allem in Hölzern, wieder abgesetzt. So finden sich in der mitteldeutschen Braunkohle sehr viele verkieselte Baumstämme und -stümpfe; in der alpinen, zwischen kalkhaltigen Schichten lagernden Pechkohle kommen verkalkte Hölzer vor, während in der Kölner Braunkohle im Bereich mehrerer Gruben Hölzer gefunden werden, die durch und durch mit bis zu erbsengroßen Kügelchen aus Eisenspat (Sphärosiderit) durchsetzt sind (Abb. 15).

Nicht nur die Menge, auch die Zusammensetzung der Asche wechselt stark. Es finden sich die Verbindungen von Fe, Al, Ca, Mg, K, Na, Mn, Si. Von den in den Grubenwässern enthaltenen

Säuren sind besonders Kiesel-, Schwefel- und Kohlensäure wichtig, ferner Schwefelwasserstoff und auch Salzsäure. Häufig auftretende Stoffe sind: Kieselsäure, SiO_2 (als Sand oder in Form von Verkieselungen); Kalk, CaCO_3 (auch in Form verkalkter Fossilien); Eisenspat, FeCO_3 (in Konkretionen und Versteinerungen s. oben); Eisenoxyd, Fe_2O_3 .

Vor allem finden sich aber in allen Kohlen und ihren Begleittonen in kleineren, oft aber unliebsam großen Mengen der Schwefelkies

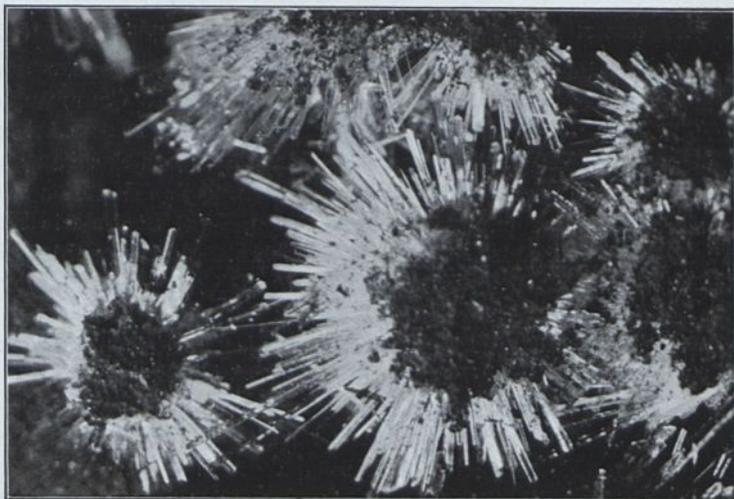


Abb. 1. Gipskristalle auf Braunkohle von Senftenberg, N.-L. Vergr. 7. Aufn. K. A. JURASKY.

oder Pyrit, und der Strahlkies oder Markasit (beide Schwefel-eisen, FeS_2) in Kristallen, kleinen Drusen, kleinsten bis ziemlich großen Konkretionen und größeren derben Stücken. Beide, vor allem Markasit, zersetzen sich leicht wieder. Es kommt in der Kohle und den begleitenden Tonen zur Entstehung freier Schwefelsäure und zur Bildung von Eisenvitriol, Gips (Abb. 1) und Alaun¹⁾, als Kalialaun, besonders aber Ammoniakalaun oder Tschermigit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 24 \text{H}_2\text{O}$.

¹⁾ Über den alten Alaunbergbau vergl. S. 117.

Von besonderem Interesse sind einige organische Mineralien, die sich in Klüften der Kohle unter ihrer Mitwirkung gebildet haben. Der Honigstein oder Mellit (mellitsaure Tonerde, $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{18} + 18\text{H}_2\text{O}$) tritt krustig oder in goldgelben, oft zentimetergroßen Kristallen in der Braunkohle vor allem von Voigtstädt bei Artern (Thür.) auf. Der Oxalit (oxalsaures Eisenoxydul, $2\text{FeC}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$) bildet strohgelbe haarfeine Kriställchen oder auch strahlfasrige nierig-traubige Massen. Er ist u. a. von Groß-Almerode (Hessen) bekannt.

III. Die organischen Verbindungen. Auch die Zusammensetzung der Reinkohle, d. i. der aschen- und wasserfreien Kohle, ist außerordentlich schwankend; das gilt nicht nur für verschiedene Vorkommen; auch innerhalb eines Flözes wechselt die Beschaffenheit von Schicht zu Schicht und diese Unterschiede sind oft schon äußerlich durch Farbe, Glanz usw. ausgeprägt. Eine Vorstellung dieser so wechselnden Beschaffenheit kann die folgende Tabelle in Vergleich gesetzter Elementaranalysen verschiedener Vorkommen vermitteln.

Für die Entstehung dieser Unterschiede gilt das auf S. 7 Gesagte. Wir wiederholen, daß sie nur zum kleinen Teil in der verschiedenen Beschaffenheit des Ausgangsmaterials, bzw. der Pflanzenwelt begründet sind — viel mehr in den späteren Schicksalen der Ablagerung, vor allem im Grad der Inkohlung. Wir können dementsprechend eine Zunahme des C-Gehaltes, verbunden mit abnehmender O-Menge in den in der Tabelle nach aufsteigendem Inkohlungsgrad geordneten Vorkommen feststellen.

Der im Dienste der technischen Verwertung der Kohle arbeitende Chemiker unterscheidet in der Braunkohle drei verschiedene organische Stoffgruppen:

Bitumen
Huminsäuren
Restkohle.

In der Begriffsbestimmung des „Bitumens“ herrscht einige Verwirrung; neuerdings versteht der Kohlenchemiker darunter in einem gegen früher eingeschränkten Sinn alle mit siedendem Benzol ausziehbaren Kohlenbestandteile. Sie ergeben eine harte und spröde, schwarzbraune Substanz mit dem spezifischen Gewicht 1, die zwischen 80° und 90° unter Abgabe eines angenehm-harzähnlichen Geruchs schmilzt. Das Braunkohlenbitumen steht chemisch manchen Pflanzenwachsen nahe, z. B. dem Carnaubawachs.

Tabelle 3 (Nach PIETZSCH)

	Rohkohle								Reinkohle					Theoretischer Heizwert
	C	H	O	N	S	Asche	Wasser	Heizwert	C	H	O	N	S	
	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	
Dem Torf nahestehende eiszeitliche Braunkohle (Allgäu)	18,13	1,91	9,65		0,37	33,69	36,25	1300	60,31	6,35	32,10		1,23	5051
Niederrheinische Braunkohle	27,1	2,3	11			2,5	57,1	2090	67,07	5,69	27,22			6328
Eozäne sächsische Braunkohle (Borna)	29,86	2,76	10,38		0,39	3,49	53,12	2540	68,82	6,36	23,92		0,90	6931
Durch Gebirgsbildung veredelte Pechkohle (Oberbayern)	56,92	4,40	13,23	1,43	3,35	9,28	11,39	5466	74,91	5,79	17,41	1,88	4,40	7276
Durch vulkanische Wärme veredelte Glanzkohle (Vogelsberg)	59,71	3,20	24,42	0,34	0,10	4,15	8,08	5073	68,03	3,65	27,82	0,39	0,11	6032

Als Huminsäuren werden mit ERDMANN die Bestandteile zusammengefaßt, welche sich in heißer Sodalösung lösen; nach Ausfällung durch Salzsäure erscheinen sie als gallertige braune Masse, die beim Trocknen hornartige Beschaffenheit annimmt. Die Huminsäuren sind kein einheitlicher Stoff, sondern Abbauprodukte der Pflanzensubstanz mit sehr verschiedener Zusammensetzung; sie sind — besonders auch in ihren Verbindungen mit Kalzium, Eisen und Magnesium — unter natürlichen Bedingungen sehr widerstandsfähig, und die gute Erhaltung vieler feiner Einzelheiten der Pflanzenreste hängt damit zusammen. Die in der Braunkohle vorliegenden Huminsäuren entwickeln bei 225—300° Kohlensäure und Methan.

Die Huminsäuren sind die Träger kennzeichnender Eigenschaften der Gesamtkohle, wie der Farbe, des unangenehmen „Braunkohlengeruchs“, wie ihn glimmende Briketts abgeben, und schließlich der Erscheinung, daß stark getrocknete Braunkohle an der Luft wieder Wasser aufnimmt (Hygroskopizität).

Schließlich müssen wir auch noch mit einigen Worten auf den in der Kohle vorhandenen Schwefel eingehen. Neben dem in der Aschensubstanz in anorganischer Bindung vorliegenden Schwefel (z. B. Pyrit) tritt er auch in der Kohle selbst in organischen Verbindungen mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auf und entweicht beim Verbrennen als Schwefeldioxyd. Er ist ein durchaus unerwünschter Bestandteil der Kohle. Chemisch-technische Prozesse werden durch ihn behindert; seine Verbindungen zerfressen die Roststäbe der Industriefeuerungen. Als schweflige Säure entweicht er durch die Essen der Fabriken in die Luft und wird vom Regenwasser niedergeschlagen, am Land den Pflanzenwuchs, in der Stadt Bau- und Bildwerke schädigend (Kölner Dom!).

3. Wichtige Braunkohlenarten

1. Gemeine und erdige Braunkohle: die in Deutschland am häufigsten auftretenden Arten. Dichte, stückig oder flachmuschelartig brechende bis erdig-zerreibliche Kohlen von meist dunkelbrauner, zuweilen aber auch ziemlich heller Farbe. Durch Wassermulagerung und auch durch Verwitterung kann aus ihr klebrige, oft durch Ton verunreinigte Schmierkohle entstehen. Gemeine und erdige Braunkohle sind das Rohmaterial vor allem für Briketts.

2. Schwelkohle zeichnet sich durch ihren Gehalt an bituminösen Stoffen aus; unter dem Mikroskop zeigen sich als figurierte Bestandteile sehr viele, oft vorwiegend Harzkörner. Schwelkohle unterscheidet sich äußerlich von der gewöhnlichen Braunkohle (oft, aber nicht immer) durch ihre hellgelbe bis gelbbraune Farbe; ihre reinste Ausprägung ist der gelbweiße Pyropissit, eine extreme Anreicherung von Wachsen und Harzen. Er läßt sich denn auch schon mit einem Streichholz entzünden und brennt mit heller rußender Flamme unter Entwicklung aromatischen Geruchs. Die Schwelkohlen sind wertvolle Rohstoffe für die Trockene Destillation („Verschwehlung“ vgl. S. 137).

3. Lignit = Xylit, nichts anderes als Braunkohlenholz in Form von Baumstümpfen, Stämmen und Holzbruchstücken. Er macht mancherorts die Hauptmasse des Vorkommens aus und eignet sich lediglich zur Verfeuerung (Eltwerke!). Zuweilen wird Braunkohlenholz auch von den Gruben klafterweise zu Heizzwecken an die Bevölkerung verkauft.

4. Papierkohle = Dysodil (s. S. 111, 112). Eine dünnblättrige, zuweilen auch kompakte Faulschlamm-Ablagerung (vgl. S. 4), aufgebaut aus den Kieselschalen von Diatomeen, kohligen und bituminös-ölgigen Bestandteilen. Hoher Wasserstoffgehalt. Papierkohlen haben wegen ihres Ölgehalts und infolge ihrer überaus feinkörnigen Beschaffenheit reichhaltige Reste von Pflanzen und Tieren bis in die feinsten Einzelheiten bewahrt.

5. Pech- und Glanzkohle sind braunschwarz bis tiefschwarz gefärbte, steinkohlenähnliche Abarten der Braunkohle. Sie sind durch Einwirkung erhöhten Drucks oder erhöhter Temperatur oder dem Zusammenwirken beider aus gewöhnlicher Braunkohle entstanden und zeichnen sich durch hohen pech- bis glasähnlichen Glanz, völlig homogene Beschaffenheit, muscheligen-splittrigen Bruch, geringen Wassergehalt und hohen Heizwert vor gewöhnlicher Braunkohle aus. Eine glanzkohlenähnliche Substanz tritt auch in der normalen Braunkohle in kleinen Adern oder Stücken auf und entstand hier durch Absatz kolloidaler Humussubstanz aus entsprechenden Lösungen. Mit ihr können auch Lignite durchtränkt sein und zeigen dann glänzenden muscheligen Bruch.

6. Rußkohle, Fusit oder Faserkohle. Nichts anderes als eine Art fossiler Holzkohle. Sie tritt in der Braunkohle in derselben Beschaffenheit auf wie der entsprechende Bestandteil der Steinkohle, findet sich indessen in der Braunkohle nie in derart großen Ansamm-

lungen. In Splintern, Flitterchen und Stücken bis zu Kopfgröße ist sie indessen weit verbreitet. Über ihre stoffliche Natur, ihre Struktur und ihre Entstehung s. S. 13, 29, 44!

7. Farbkohlen: Siehe den entsprechenden Abschnitt S. 134!

4. Braunkohle unter dem Mikroskop

Wesentlicheres über ihre Beschaffenheit, ihre Zusammensetzung, vor allem aber über die Einzelheiten ihrer Entstehung als das Äußere der Braunkohle, bzw. der in ihr eingeschalteten Fossilien verrät ihr Bild unter dem Mikroskop.

Die Geschichte der Anwendung des Mikroskops in Forschung und Praxis ist fesselnd. Zunächst ein Werkzeug der reinen Forschung, und zwar vor allem der biologischen, fand es mit der fortschreitenden Industrialisierung und der damit zusammenhängenden Erfassung und Verwendung aller möglichen Werkstoffe, ihrer immer mehr ins Einzelne gehenden verschiedenartigen und verfeinerten Verarbeitung und den erhöhten Ansprüchen an die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse Eingang in die Praxis, in die Werkstoffprüfung. In der Arbeit eines Jahrhunderts mechanisch und optisch zu unerhörter Vollendung gediehen, auf jegliche Art von „Licht“ abstimmbare und hunderterlei Erfordernissen gegenüber hundertfach abgewandelt, wie das Mikroskop heute ist, gibt es nahezu kein Objekt der Natur und keinen Werkstoff des menschlichen Schaffens, über den es uns nicht wertvolle Erkenntnisse gebracht hätte. Auch die Kohle ist ein Beispiel dafür. Galt sie doch in früheren Zeiten als nahezu strukturlos — während heute ein eigener Wissenszweig, die Kohlenpetrographie, bemüht ist, die Fülle der in der Kohle unter dem Mikroskop sichtbaren Erscheinungen in ein der Forschung wie der Praxis dienstbares System zu bringen. Indessen war auch hier das Auffinden und Ausarbeiten geeigneter Arbeitsweisen in Verbindung mit zweckentsprechender Abwandlung des Mikroskops, kurz der methodische Fortschritt die Voraussetzung des Erfolgs. Und so soll zunächst die heute für die kohlenpetrographische Forschung wichtigste Methode, das Reliefschliffverfahren, geschildert werden, während die vor allem der paläontologischen Forschung dienenden Methoden des Dünnschliffs, des Mikrotomschnitts und der Mazeration später, bei der Behandlung der Pflanzenreste erwähnt werden.

Das vor allem im Dienste der Praxis stehende Kohlenreliefschliffverfahren wurde unter Benützung von Erfahrungen aus der Erzmikroskopie (chalkographische Methode SCHNEIDERHÖHNS) vor allem von dem Berliner Kohlenpetrographen ERICH STACH entwickelt und zu hoher Vollendung gebracht.

Es gründet sich auf die verschiedene Härte und das abgestufte Reflexionsvermögen der in der Kohle enthaltenen Einzelbestandteile. Kleine zurechtgeschnittene oder -geschliffene Blöckchen der nötigenfalls

(erdige Braunkohle!) durch Tränkung mit Harz-Wachs-Gemischen verfestigten Kohle werden an einer Seite eben geschliffen und weiterhin mit immer feineren Poliermitteln (Tonerdeschlämme, Chromoxyd u. a.) zuerst auf Glas, zuletzt auf Billardtuch mit feiner Politur versehen. Die Kohlenbestandteile, vor allem auch die Kleinfossilien, treten entsprechend ihrer unterschiedlichen Härte in zartem Relief hervor (Reliefpolitur). Durch eine sinnreiche Vorrichtung am Mikroskop, dem Opakilluminator, wird Licht senkrecht von oben auf die polierte Fläche geworfen und gelangt, von ihr reflektiert, im Strahlengang des Mikroskops in das Auge (Auflichtmikroskopie). Die Unterschiede im Relief und im Reflexionsvermögen bauen ein Bild auf, in dem, besonders bei Benützung von Ölimmersion, die feinsten Strukturen mit wunderbarer Deutlichkeit hervortreten. Diese Bilder sind im allgemeinen einfarbig, durch Licht und Schatten sowie das feine Spiel weißer, grauer bis grau-gelblicher Farbtöne gegliedert — und entsprechen annähernd dem Negativ der vom gleichen Objekt bei Betrachtung von Dünnschliffen im durchfallenden Licht sich ergebenden Bilder: Hohlräume erscheinen schwarz, sehr homogene Bestandteile der Kohle wie beispielsweise die noch zu besprechende Glanzkohle hell — am hellsten vielfach die härtesten und homogensten im Dünnschliff oft undurchsichtigen Bestandteile wie der Fusit, weichere in verschiedenen Abstufungen von Grau (Abb. 3, 29, 34).

Da die Herstellung von Reliefschliffen verhältnismäßig einfach und vor allem wenig zeitraubend ist, da weiterhin das Mikrobild in der Wiedergabe feiner Einzelheiten dem von Dünnschliffen öfter sogar überlegen ist, ist man beim Studium der Kohle auf die schwierige und langwierige Herstellung von Dünnschliffen nur in Sonderfällen angewiesen, wo es auf Farbe, Beobachtung kristalloptischer Gesetzmäßigkeiten u. a. ankommt wie z. B. beim Studium der Aschenbestandteile. Dem Reliefschliffverfahren vor allem verdanken wir eine eingehende, wenn auch lange noch nicht abgeschlossene Kenntnis des Feinbaus der Steinkohle — es hat aber auch weitgehenden Einblick in die Struktur der Braunkohle und die Art ihrer kleinen und kleinsten Lebensspuren gegeben.

Die für deutsche Verhältnisse normale stückige bis erdige Braunkohle (Rheinland, Mitteldeutschland, Lausitz) zeigt im Reliefschliff eine humose Grundmasse, die aus weitgehend zersetzten und durch äußerste Zerkleinerung unkenntlich gewordenen Pflanzenresten besteht, wozu noch die Absätze kolloidaler Humuslösungen treten. Infolge ihrer Durchsetzung mit unzähligen, zum großen Teil submikroskopischen Poren reflektiert sie das Licht nur unvollkommen und erscheint im Bilde grau. Diese Grundmasse enthält mehr minder reichliche Einschaltungen, welche noch durch Form, zelligen Aufbau oder andre Eigenschaften ihre pflanzliche Herkunft deutlich erkennen lassen. Da sind die stofflich der humosen Grundmasse nahe verwandten größeren bis aller kleinsten Splitter inkohlten Holzes

und die ihm noch anhaftenden, vielfach aber schon abgetrennten und für sich auftretenden Zellgewebe des Korkmantels (Abb. 29). Mit starkem Relief treten hell und deutlich kleine Bruchstücke oder Nadelchen fossiler Holzkohle (Fusit) hervor, welche die meist gut erhaltene Struktur des Holzes zeigen, aber nicht in in-

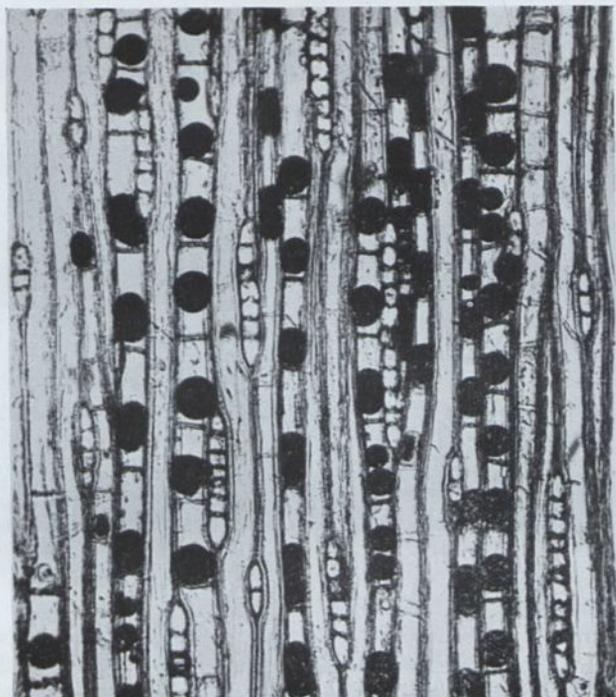


Abb. 2. Tangentialer Längsschnitt durch einen Xylit (*Juniperoxylo*) aus Niederlausitzer Braunkohle. Tracheiden, Querschnittsbilder der Markstrahlen, Harzparenchym mit eingelagerten Harzkugeln. Vergr. 130.

Aufn. K. A. JURASKY.

kohlter, sondern in der kohlenstoffreichen verkohlten Beschaffenheit vorliegen. Reichlich und in guter Erhaltung sind meist die Hauptträger des Bitumengehalts („figurierte Bitumina“) vertreten: Als Pollenkörner (Abb. 30), Blatthäute (Kutikeln, Abb. 25—28) und vor allem als Harzkörner. Gerade diese Harzkörner, gut charakterisiert durch Form, Farbtönung und Relief, sind eines der

häufigsten Elemente der Braunkohlenstruktur. Zum großen Teil ursprünglich als Tröpfchen im Innern bestimmter Zellgruppen ausgeschieden, später als verfestigte Kügelchen in ihnen liegend (vgl. Abb. 2) überdauern sie unversehrt die Zersetzung und Zerstörung des Holzes, werden aus ihm frei und gelangen in die Kohle (Abb. 3), wo sie sich unter bestimmten Umständen so anreichern können, daß sie wie in der Schwelkohle oder gar dem Pyropissit einen — wenn nicht überhaupt den Hauptanteil der Kohle ausmachen. Auch die in Härte und Farbeigenschaften ihrer Substanz fusitartig erhaltenen

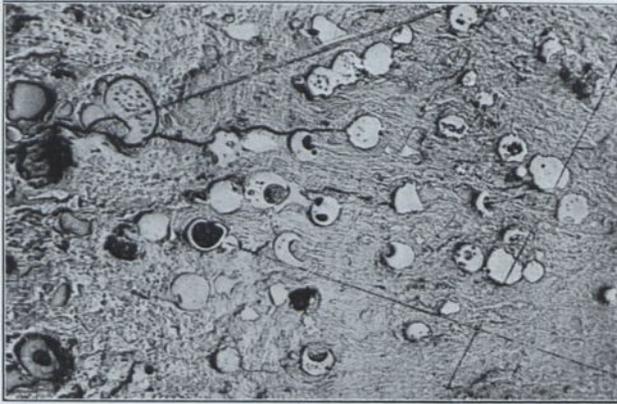


Abb. 3. Harzkörner in Braunkohlenbrikett. Reliefschliff, vergr. 130.
Aufn. K. A. JURASKY.

Fortpflanzungsorgane und Dauerformen der Pilze, die mannigfachen Formen der Sporen und Sklerotien, kehren immer und überall in der Braunkohle wieder (Abb. 34—36). Schließlich müssen noch verschiedene in Mineralkörnern vorliegende „Aschenbestandteile“ erwähnt werden, die gleißend gelben, infolge ihres starken Reliefs von schwarzen Schattenhöfen umgebenen Pyrit- und Markasitkörner, grau erscheinende Sand- (Quarz-) Körner, der oft harzähnlich-braunschimmernde Spateisenstein u. a. m.

In welchen Zügen unterscheidet sich nun das mikroskopische Reliefschliffbild der Braunkohle von jenem der Steinkohle? Mit STACH (s. S. 25) unterscheidet man drei am Aufbau der Steinkohle beteiligte kohlenpetrographische Bestandteile: Die Glanzkohle (Vitrin), die Mattkohle (Durin) und die Faserkohle oder fossile Holzkohle (Fusit). Von

diesen Bestandteilen liegt lediglich der Fusit in gleicher Weise schon in der Braunkohle vor, denn, einmal durch Verkohlung holziger Substanz entstanden — ist er praktisch weiterhin unveränderlich. Fusit ist in der Braunkohle weit verbreitet, tritt aber mehr einzeln und verstreut auf, jedenfalls beteiligt er sich am Aufbau der Braunkohle nie derart, wie es bei manchen Flözen und Flözteilen der Steinkohlenlager der Fall sein kann (Zwickau!).

Der Vitrit der Steinkohle, die harte, spröd-splittige Glanzkohle, deren Eigenschaften weiteren Kreisen geradezu als die für die Steinkohle überhaupt bezeichnenden erscheinen, ist aus humoser Substanz entstanden, vor allem aus holzigem Material, das mit kolloidalen Humuslösungen durchtränkt wurde. Wenn wir von den durch Gebirgsdruck oder Kontaktwirkung veredelten Braunkohlen absehen und — wie immer wieder betont werden soll — den für Deutschland typischen Fall der gemeinen, stückigen bis erdigen Braunkohle betrachten, so kann hier von dem Auftreten echten Vitrits höchstens gesprochen werden im Hinblick auf das gelegentliche Auftreten dünner Adern einer glänzendschwarzen Substanz, welche als Absatz kolloidaler Humuslösungen (Dopplerit) zu deuten ist. Vereinzelt finden sich auch Hölzer mit glänzendem muscheligen Bruch, die ihre Beschaffenheit der Durchtränkung mit solchen Lösungen verdanken, aber meist noch ausgesprochene Braunfärbung zeigen. Im übrigen kennen wir den Bestandteil Vitrit als solchen nicht in der Braunkohle; hier liegt erst seine Vorstufe vor: in der humosen, erdigen bis festeren Grundsubstanz und im Braunkohlenholz (Xylit).

Der Durit der Steinkohle ist eine Anhäufung von noch wohl erkennbaren oder auch zerkleinerten „figurierten Bitumenkörpern“ (Sporen, Pollenkörner, Kutikulen u. dgl.), die durch eine Grundmasse verkittet werden, die teils vitritischer, also humoser Natur ist, teils als „Opaksubstanz“ erscheint — eine noch nicht näher erforschte, auch in dünnsten Schliften undurchsichtig („opak“) bleibende, jedenfalls sehr aschen- und fusitreiche Masse. Auch der Durit liegt in der Braunkohle im allgemeinen noch nicht in dieser Form vor. Wir finden lediglich die einzelnen entsprechenden Bitumenkörper (Pollenkörner, Kutikulen, Korkfetzen, Harz) die Grundmasse durchsetzend — und auch dort, wo sich diese Bestandteile angereichert haben und größere Anhäufungen bilden, wie etwa das Harz in der Schwelkohle, kann nicht gut von Durit gesprochen werden, sondern höchstens von seinem Vorstadium.

Die Kohlenpetrographie mit ihrer Hauptmethode, dem Reliefschliffverfahren, dient nicht nur wissenschaftlichen Zwecken. So wie sie für die technologische Beurteilung der Steinkohle heute von großer Bedeutung ist, wird sie auch für die technische Verwertung der Braunkohle wichtige Auskünfte geben können. Da der allgemein-chemische Charakter der einzelnen Kohlenbestandteile in den wichtigsten Zügen bekannt ist, vermag sie rasch und mit einfachen Mitteln schon vor der chemischen Analyse eine wertvolle Übersicht über die entsprechenden Eigenschaften der jeweils vor-

liegenden Braunkohle zu geben. Während aber die chemische Analyse nur den mengenmäßigen Anteil der Stoffe bestimmen kann, zeigt die Beobachtung unter dem Mikroskop auch unter Umständen ihre Form und Verteilung. Sie gibt Auskunft über Menge, Art, Form und Verteilung mineralischer Stoffe („Asche“) in der Kohle sowie des für manche Prozesse höchst unerwünschten Fusits.

Zu einer wichtigen und wertvollen Rolle scheint mir die Braunkohlenpetrographie auch im Rahmen der Brikettfabrikation berufen.

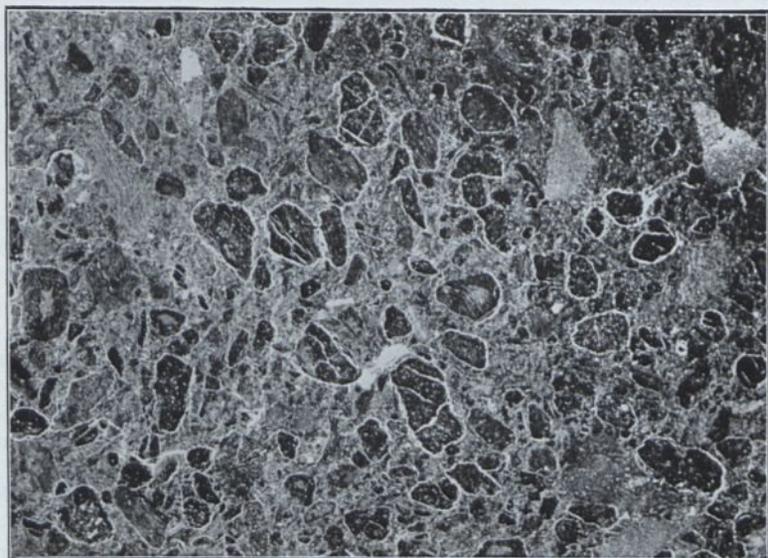


Abb. 4. Vierfach vergrößerte Struktur eines Braunkohlenbriketts (Schrägllicht). Aufn. K. A. JURASKY.

So einfach der Vorgang der Brikettherstellung in seinen Grundzügen erscheinen mag, so schwierig ist es, seine technischen Einzelheiten und die Wirksamkeit der dabei mitspielenden Faktoren auf die besonderen, oft unwägbaren Eigentümlichkeiten der verschiedenen Rohkohlen abzustimmen. Diese verschiedenen Eigenschaften des Rohstoffs wirken sich, wenn sie nicht genügend berücksichtigt werden, u. a. in minder gutem Gefüge der Briketts, ungenügender Haltbarkeit, Lager- und Versandfähigkeit sowie in ungünstigem Verhalten bei der Verfeuerung aus. Reliefschliffe vermitteln in deutlichen und

eindrucksvollen Gefügebildern (Abb. 4) zuweilen rasche und klare Auskünfte, und können zur Aufdeckung der Fehlerquelle führen. Auch die mikroskopische Untersuchung von Kohlenstäuben hinsichtlich ihrer verschiedenen Explosionsgefährlichkeit oder ihrer technischen Eigenschaften gewinnt immer größere Bedeutung.

II. Lebensspuren in der Braunkohle

A. Vorbemerkungen

Die Betrachtung der Braunkohle unter dem Mikroskop zeigt, daß von den ursprünglichen Pflanzenresten der größte Teil durch Zersetzung, Zerkleinerung, Verformung und stoffliche Umwandlung strukturlos oder unkenntlich geworden ist, daß diese Grundmasse andererseits aber wohlerhaltene Teile umschließt. Was blieb nun eigentlich von den Pflanzen erhalten und warum war es so beständig? Infolge der Besonderheit des pflanzlichen Zellbaus gibt es kaum ein Organ, kaum ein Zellgewebe, daß sich nicht unter bestimmten, zeitweis oder örtlich verwirklichten Verhältnissen der Braunkohlenbildung als erhaltungsfähig erwiesen hätte. Die Reste aber, die immer und überall wiederkehren, stellen eine Auswahl jener Zellgewebe, Organe und Organteile vor, die entsprechend ihrer Aufgaben an der lebenden Pflanze entweder aus chemisch besonders widerstandsfähigen Stoffen bestehen, oder in deren Zellwänden im Zusammenhang mit mechanischer Festigkeit kompakte und schon deshalb schwer zersetzliche Stoffanhäufungen vorliegen, wie in den Spätholzzonen und den Bastfasern der Hölzer, den Schalen der Früchte und Samen. In solchen Fällen konnten auch minder widerstandsfähige Stoffe wie die Zellulose der restlosen Zerstörung entgehen. Pflanzenreste verschiedenster Art konnten sich ferner in der Braunkohle wie auch sonst dadurch erhalten, daß ihr Zellengerüst rechtzeitig entweder in widerstandsfähige Stoffe umgewandelt oder mit ihnen durchtränkt wurde. So führte Verkohlung (s. S. 13) Hölzer in die weiterhin fast unveränderliche fossile Holzkohle (Fusit) über. Andere verdanken ihre Erhaltung der Durchtränkung mit von der Pflanze selbst gelieferten konservierenden Stoffen, unter denen das Harz an erster Stelle steht. Wieder andere Pflanzenreste blieben mit feinsten Einzelheiten dadurch beständig, daß in ihren Zellgeweben aus durchflutenden Lösungen mineralische Stoffe zur Ausscheidung gelangten, daß sie also versteinerten. So sind

verkieselte Hölzer in manchen Braunkohlenbezirken so häufig, daß sie gelegentlich als Prellsteine am Straßenrand benützt werden. Aber auch Spateisenstein in der Form des Sphärosiderits (Abb. 15), Pyrit, Kalk, Dolomit u. a. spielen manchmal eine Rolle.

Mit im Mittelpunkt dieses Buchs steht die Aufgabe, ein lebensvolles Bild zu geben von den näheren Verhältnissen, unter denen sich unsere Braunkohlen bildeten; wurde doch einleitend von der Absicht gesprochen, ein Stück vorzeitlicher Heimatkunde darzustellen.

Die allgemeinsten Bedingungen der Kohlenbildung haben wir bereits kennen gelernt. Was gehört nun zu den „näheren Bedingungen“ der Braunkohlen-Entstehung?

Die Braunkohle ist pflanzlicher Herkunft. Die Pflanzenwelt, aus deren Resten sie besteht, wollen wir zunächst kennen lernen: also die einzelnen Pflanzenarten, welche im Bildungsraum damals bei uns lebten. Dabei soll nicht versäumt werden, sie mit der heutigen Lebewelt in Vergleich zu setzen und ihr Schicksal zu verfolgen. Aber nicht nur die Summe der Pflanzenarten, die Flora, interessiert uns, sondern darüber hinaus auch die Vereine und Gesellschaften, zu denen sie sich zusammenschlossen, also die Vegetation. Ob die Braunkohle sich in baumlosen Mooren, in Waldsümpfen oder in Wäldern trockneren Charakters bildete, das war eine immer wiederkehrende, wesentliche Frage der Forschung.

Sowohl Einzelpflanze wie auch Pflanzenverein sind in ihrem Vorkommen an bestimmte Umweltsverhältnisse in Klima und Boden gebunden, deren Gesamtheit man als „Standort“ bezeichnet. Der Boden ist hinsichtlich der Braunkohlenbildung nicht nur wichtig als Nähr- und Wurzelboden der den Braunkohlentorf liefernden Pflanzenwelt — von seiner Gestaltung, von seinen chemischen und physikalischen Verhältnissen, z. B. seiner Bewässerung, ferner von den an und in ihm wirksamen geologischen Vorgängen hängt es ab, ob es überhaupt zur Bildung größerer Torfanhäufungen kommt und ob diese Gelegenheit finden, sich im Sinn der Kohlenbildung weiterzuverwandeln.

Es ist einfach, dem Außenstehenden ein lückenlos und gesichert erscheinendes Gesamtbild dieser Verhältnisse ohne weiteres vor Augen zu stellen, ihn aber dabei im Unklaren zu lassen, wie wir überhaupt zu diesen Anschauungen kommen, was von ihnen auf nicht zu widerlegenden Tatsachen beruht und wo unsere Erkenntnisse lückenhaft sind und durch das persönliche, in wissenschaftlichen

Forschungsergebnissen nur locker wurzelnde Ermessen des Einzelnen überbrückt werden müssen: kurz, wie ungleichwertig die Bausteine eines solchen Bildes immer sind.

Richtiger, aber auch fesselnder scheint es mir, in einer Darstellung wie der vorliegenden den Gang der Forschung gleichsam zu wiederholen, den Leser Stück für Stück teilnehmen zu lassen am Aufbau des Gesamtbildes und ihn so zu eigener Stellungnahme zu befähigen gegenüber den aus den einzelnen Forschungsergebnissen gezogenen Schlußfolgerungen. So sollen denn im folgenden die einzelnen Lebensspuren in der Braunkohle einer näheren Betrachtung unterzogen und gezeigt werden, wie sie unter den Händen der Forschung zu Bausteinen weittragender Gesamtergebnisse werden.

Die Braunkohle ist reich an wohl erhaltenen Pflanzenresten; von der Tierwelt jener versunkenen Lebensgemeinschaft sind uns reichere Spuren in der Kohle selbst nur in — allerdings z. T. großartigen — Ausnahmefällen unter besonderen Bedingungen erhalten geblieben. Die Frage nach dem Grund dieser so verschiedenen Erhaltungsfähigkeit pflanzlicher und tierischer Reste in der Braunkohle berührt den grundsätzlichen Unterschied zwischen der Organisation höherer Pflanzen und der des Tieres. Jeder Organismus baut sich aus „Zellen“ auf; dieser mißverständliche, aber historisch eingewurzelte Ausdruck bezeichnet Einheiten des Lebensstoffes, des nach dem Tode leicht vergänglichen Protoplasmas. Diese Einheiten sind bei den höheren — und auch bei vielen niederen Pflanzen von einer chemisch und oft auch mechanisch sehr haltbaren Zellhaut aus Zellulose und anderen, noch widerstandsfähigeren Stoffen umschlossen. Die Zellen des tierischen Körpers hingegen entbehren im allgemeinen dieses festen Gehäuses, sie sind nackte Protoplasma Klümpchen. Darum sind ganz allgemein tierische und pflanzliche Fossilien verschiedenartig erhalten: Während sich an Pflanzenresten — gerade auch der Braunkohle — noch überaus häufig die feinsten Einzelheiten des Zellbaus erkennen lassen, liegen die in den verschiedenen Schichten der Erdrinde auftretenden tierischen Fossilien hauptsächlich in „Hartteilen“ vor, wie den Kalkschalen der Schnecken und Muscheln, dem Knochengerüst und den Zähnen der Wirbeltiere; vom eigentlichen lebenden Körper blieb nur in Ausnahmefällen etwas erhalten. Aber auch diese Hartteile fehlen meist in der Braunkohle, weil hier durch die humussauren Wässer aller Kalk binnen kurzer Zeit aufgelöst wird (vgl. S. 65).

B. Pflanzenreste

1. Das Braunkohlenholz

Inkohlte Hölzer (Xylite) sind die größten, häufigsten und daher auffälligsten Pflanzenreste der Braunkohle. In manchen Vorkommen nahezu für sich allein ganze Flöze aufbauend, ist ihr Auftreten anderswo verstreut oder auf bestimmte Lagen beschränkt. Mächtige

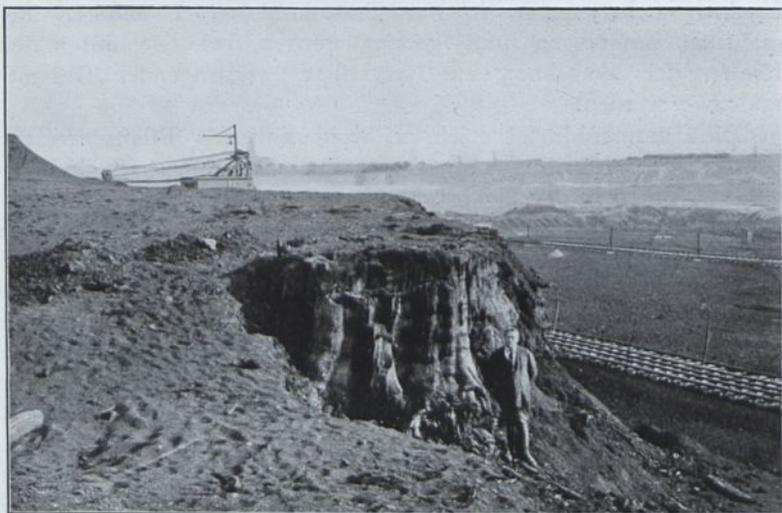


Abb. 5. Großer Baumstumpf („Stubben“) im Oberflöz der Grube Ilse, N.-L.

Baumstümpfe von einem Durchmesser bis über 3 m sind oft aufrecht stehend und festverwurzelt, so wie sie ehemals wuchsen, zu „Stubbenhorizonten“ aneinandergereiht; zwischen ihnen liegen kreuz und quer gewaltige niedergebrochene Stämme und kleine Holzstücke (Abb. 5, 6, 42). Könnte man die umschließende und überlagernde Braunkohle abdecken, ein fossiler Waldboden läge vor unserem Auge, wie er vor Jahrmillionen zum Baumfriedhof wurde (Abb. 7, 8). So aber wird am Flözprofil immer nur ein Schnitt davon sichtbar, an dem meist die Erscheinung auffällt, daß alle die aufrecht stehenden Baumstümpfe nahezu in gleicher Höhe wie gekappt sind. Diese Tatsache ist einer der Beweise dafür, daß neben den für das



Abb. 6. Baumstämme aus dem Oberflöz von Grube Ilse, N.-L.



Abb. 7. Durch Abraumbeseitigung freigelegter Waldboden mit großen Baumstümpfen an der Oberfläche des Flözes. (Welzow, N.-L.).
Aufn. Eintracht A.-G.

Zustandekommen größerer Braunkohlenflöze wesentlichen langsamen und andauernden Bodensenkungen auch kurzfristige, ruckartige („instantane“) Senkungen erfolgten, die den Grundwasserspiegel plötzlich um Meterbeträge steigen ließen. Der jeweils vorhandene Braunkohlenwald wurde dadurch erstickt, seine Bäume starben ab. Während die unteren Stammteile durch die Wasserumhüllung vom Luftsauerstoff abgeschlossen und damit vor der Zersetzung bewahrt blieben, faulte das Holz über dem Wasserspiegel und die Stämme brachen alle in gleicher Höhe nieder, fielen gegebenenfalls ins Wasser, wo auch sie vor weiterer Zerstörung bewahrt blieben. Nicht in allen Braunkohlengruben finden sich solche Stubbenhorizonte deutlich ausgeprägt, aber größere und kleinere Holzstücke sind in fast jeder

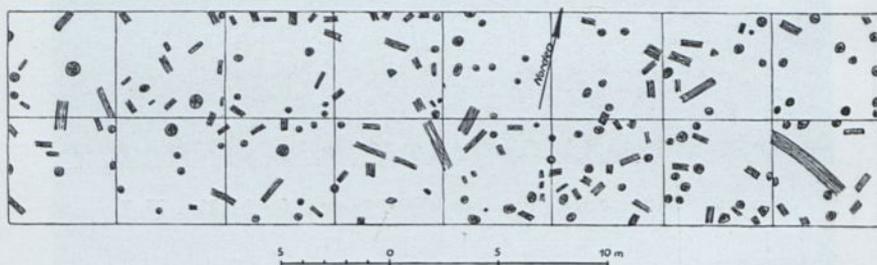


Abb. 8. Fossiler Waldboden in Grube Erika, N.-L. nach den Vermessungen von Th. TEUMER.

Braunkohle zu finden; mindestens zeigt sich die Kohle von winzigen Holzsplitterchen durchsetzt. Wenn auch oft genug diese Braunkohlenhölzer so trefflich erhalten sind, daß sie von den Gruben als Brennholz meterweise verkauft werden, ja daß sie sich sogar noch zu handwerklicher Verarbeitung zu Liebhaberstücken eignen¹⁾ — so läßt doch ihr Äußeres keine Schlüsse zu, welchen Pflanzenarten sie angehören. Nur die mikroskopische Untersuchung kann darüber Auskunft geben. Mit dem Rasiermesser oder einer besonderen Schneidemaschine, dem Mikrotom, können feine, durchsichtige, nötigenfalls nur $\frac{1}{200}$ mm dicke Schnitte davon hergestellt werden, die oft noch alle Einzelheiten des Zellbaus beobachten lassen. Um davon eine räumliche Vorstellung zu erhalten, wie sie für die Bestimmung des

¹⁾ So wurde aus Braunkohlenholz von Groß-Räschen (Kr. Kalau) eine Truhe für Fürst Bismarck gefertigt!

Holzes notwendig ist, müssen drei aufeinander senkrecht stehende Schnitte hergestellt werden: Ein Querschnitt und zwei zueinander senkrechte Längsschnitte (Radial- und Tangentialschnitt) (Abb. 9). Schon am Querschnitt zeigt es sich, ob das Holz eines

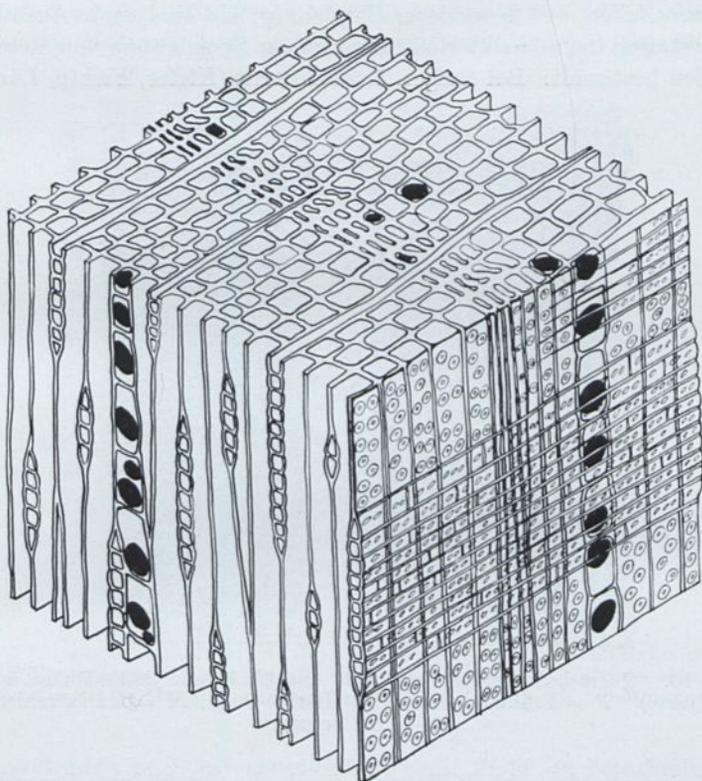


Abb. 9. Isometrisches Raumbild des Nadelholz-Zellbaues (*Taxodiorylon sequoianum*). Oben Querschnitt, links Tangential-, rechts Radialschnitt. Erklärung im Text. Nach E. STACH.

Laub- oder Nadelbaums oder gar einer Palme vorliegt. Nadelhölzer (Abb. 9—13) bestehen, wenn wir von der Rinde absehen, nur aus wenigen einfachen Elementen: den spindelförmigen, längs im Stamm verlaufenden Tracheiden, in denen sich der Strom im Wasser gelöster Nährstoffe von der Wurzel zur Laubkrone bewegt. Sie sind durch

merkwürdige Poren, die Hoftüpfel (Abb. 12) miteinander verbunden. In gleicher Richtung angeordnet sind Reihen quaderförmiger Zellen, das Holz- oder Harzparenchym, in dem sich besonders oft Harzabsonderungen vorfinden (Abb. 2, 9). In der Richtung des Halbmessers verlaufen im Stamm die Markstrahlen, bandförmige Verbindungen flacher Zellen mit besonderer Tüpfelung; sie sind zum Austausch von Stoffen in radialer Richtung und zur Speicherung von Reservestoffen bestimmt. Bei einigen Nadelhölzern (Kiefer, Fichte, Lärche)

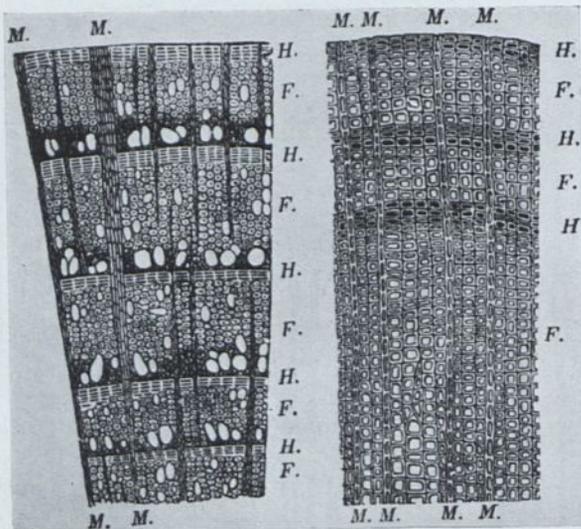


Abb. 10. Querschnittsbilder von Laub- und Nadelholz (links Buche, rechts Fichte). *F* = Frühholz; *H* = Spät(Herbst-)holz; *M* = Markstrahlen.
Nach M. SCHMEL.

wird das anatomische Bild noch durch die Ausbildung besonderer Harzkanäle bereichert.

Von diesem einfachen Aufbau der Koniferen unterscheiden sich die Laubhölzer (Abb. 10) vor allem durch Einschaltung von Zellröhren beträchtlichen Durchmessers, den Gefäßen oder Tracheen, die am Querschnitt als weite und sehr verschieden angeordnete Poren erscheinen und ein Laubholz ohne weiteres kenntlich machen.

Die Anordnung der einzelnen Zellelemente, vor allem aber die Form ihrer Verbindungen untereinander, der Tüpfel, besonders an den Markstrahlzellwänden, lassen ein Holz noch näher bestimmen,

oft ganz genau bis zu einer bestimmten Art, vielfach aber nur bis zur Zugehörigkeit zu bestimmten Pflanzengruppen. Die Abb. 9—13 sollen eine Vorstellung davon geben, welches Bild der Holzaufbau und seine Elemente an den verschiedenen Schnitten gewähren.

Beim Studium von Braunkohlenhölzern fällt sofort die Tatsache auf, daß sie fast durchwegs von Nadelbäumen, von Koniferen stammen. Holzreste von Laubbäumen finden sich nur ganz selten,

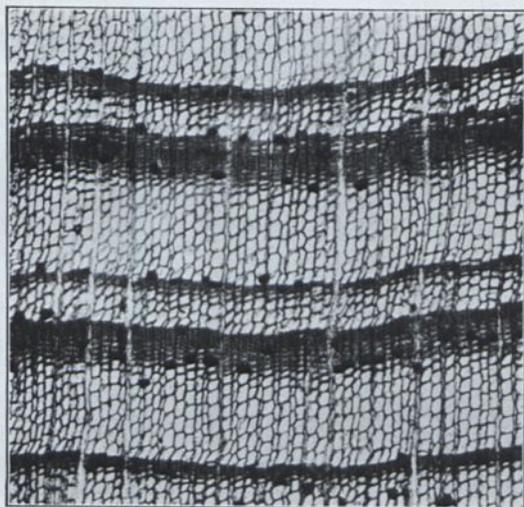


Abb. 11. Querschnitt durch ein *Sequoia*-Holz aus der Braunkohle von Düren. Deutlich ausgeprägte Trennung von Früh- und Spätholz. Jahrringe abnormal verdoppelt¹⁾; Harzeinlagerungen. Vergr. 50. Aufn. K. A. JURASKY.

am häufigsten noch in versteinelter Form. Indessen bewahren ihre in der Braunkohle reichlich vorkommenden Blätter, Früchte und Samen vor dem Trugschluß, daß der Braunkohlenwald etwa allein aus Nadelbäumen bestanden hätte; wir wissen heute, daß die alleinige Erhaltung der Nadelhölzer auf ihren Gehalt an konservierenden Harzen zurückzuführen ist, daß es sich also um eine durch Zersetzung und Inkohlung bewirkte Auslese-Erscheinung handelt. Wohl führen auch viele Laubhölzer reichlich Harz; indessen kommt

¹⁾ Solche abnormale Spätholzbildung kann als Folge von Dürrezeiten, Entlaubung durch Insektenfraß u. dgl. zustande kommen.

es nur bei den Nadelbäumen zur „Verkienung“, zur Harzdurchtränkung auch der Zellmembranen. Während man von vielen Xyliten mangels ausreichender Sondermerkmale lediglich ihre Zugehörigkeit zu den Zypressengewächsen (im weitesten Sinn) oder anderen größeren, z. T. künstlichen Gruppen feststellen kann, lassen sich weitere bei guter Erhaltung genau bestimmen. In der deutschen Braunkohle sind besonders häufig die Hölzer eines Mammutbaums, der Küstensequoie (cf.¹⁾ *Sequoia sempervirens*, als fossiles Holz

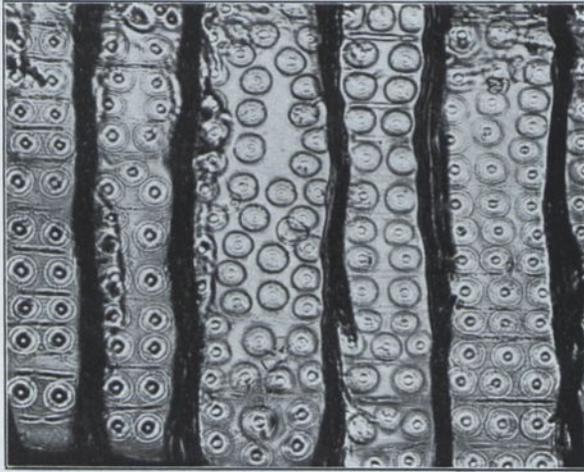


Abb. 12. Radialer Längsschnitt durch einen Xylit (*Sequoia*-Holz, s. S. 40) von Grube Wachtberg b. Köln. Dichtgedrängte Hoftüpfel an den Tracheidenwänden. Dünnschnitt, vergr. 280. Aufn. K. A. JURASKY.

Taxodioxyton sequoianum genannt, Abb. 9, 11, 12). Dieser in seiner Heimat auch unter dem Namen „Red wood“ bekannte riesige Baum wächst heute waldbildend an den nebelfeuchten Hängen der kalifornischen Gebirge. Viele Xylite, die man früher der Sumpfzypresse, *Taxodium distichum*, zurechnete, haben sich nach Vertiefung unserer holzanatomischen Kenntnisse als Sequoienholz erwiesen; diese

¹⁾ „cf“ = confer! = „zu vereinigen mit ...“ Bei der Zuweisung tertiärer Pflanzen zu noch lebenden Arten ist bei aller Übereinstimmung in den fossil erhaltenen Teilen der Vorbehalt zu machen, daß es sich vielleicht doch nicht um genau dieselbe, sondern um eine allerdings nahe verwandte Art handeln könnte!

Richtigstellung hat die Ansichten über die Ökologie der Braunkohlenbildung erheblich beeinflußt, da die beiden Bäume unter ziemlich verschiedenen Bedingungen leben. Aber es kommen auch zweifellose Taxodienhölzer („*Taxodioxylon taxodii*“) vor. Die Sumpfzypresse wächst heute in ausgedehnten Waldsümpfen des atlantischen Nordamerika, den „Cypress swamps“ (vgl. S. 74). Sie steht dort oft mitten im Wasser und bildet zur Versorgung ihres Wurzelwerks mit Sauerstoff Atemwurzeln, „Pneumatophoren“ aus, senkrecht über die Wasseroberfläche oder den versumpften Boden emporstrebende, kegelförmige Holzgebilde. Da man diese Atemwurzeln wenigstens

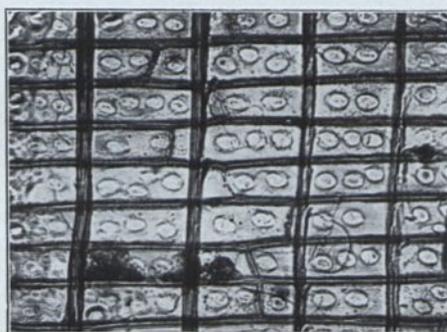


Abb. 13. Radialer Längsschnitt durch ein *Taxodium*-Holz aus Dürener Braunkohle (Grube Zukunft); quer über die Tracheiden laufendes Markstrahl-Zellband mit getüpfelten Radialwänden.
Vergr. 280. Aufn. K. A. JURASKY.

in Deutschland nie in der Braunkohle gefunden hat, da ferner gelegentlich im Mark fossiler *Taxodium*-Hölzer abweichende Merkmale gefunden wurden, glaubt man, daß die betreffenden Hölzer einer unter trockeneren Bedingungen in Mexiko lebenden Unterart, *Taxodium mexicanum*¹⁾, angehören und nicht der eigentlichen Sumpfzypresse. Ich möchte indessen die Möglichkeit des tatsächlichen Auftretens der echten Sumpfzypresse in unseren Braunkohlenlagern nicht ausgeschlossen sehen; daß sie zur Tertiärzeit in Europa anwesend war, zeigen kürzlich geglückte Funde ihrer Atemwurzeln im Nebengestein der Braunkohle von Parschlug, Steiermark; ihr

¹⁾ Ein Baum dieser Art ist die berühmte „Zypresse des Montezuma“ bei Oaxaca (Mexiko). Sie besitzt bei einer Höhe von 40 m einen Stammumfang von 30 m.

Fehlen in unserer Braunkohle könnte auf selektiver Zersetzung beruhen, da diese Organe hohl sind und entsprechend ihrer Atemfunktion vielleicht nicht in der Weise verkieien wie das Stammholz. Hier ist noch Raum für weitere Untersuchungen. Die heute wie im Tertiär auch unter natürlichen Verhältnissen unter verschiedener Klimawärme gedeihende Sumpfpypresse scheint übrigens auch durchaus nicht auf völlig vernäbten Boden angewiesen zu sein, denn sie tritt in der Union auch in wesentlich trockenere, wenn auch noch immer feuchte Wälder ein und bildet dann keine Atemwurzeln aus.

Besonders in der ost- und westdeutschen Braunkohle häufig sind die als *Juniperoxylon* bezeichneten Hölzer großer baumförmiger Wacholderarten, deren Nachkommen wir z. T. in der in Nordamerika weit verbreiteten „Virginischen Zeder“, *Juniperus virginiana*, erblicken dürfen, welche übrigens einen größeren Teil des „Zedern“holzes für die Bleistiftfabrikation liefert. Reich vertreten waren im Braunkohlenwald auch Fichten-, Tannen- und Kiefernarten, deren Hölzer an den durchlaufenden, gefäßähnlichen Harzkanälen kenntlich sind. Zu erwähnen ist hier das von KUBART aus der Braunkohle, allerdings Steiermarks, beschriebene *Piceoxylon pseudotsugae*, das Holz eines der in unseren Parkanlagen viel gepflanzten Douglastanne (westl. Nordamerika) mindestens nahe verwandten Baums. Auch die bei uns viel zur Aufforstung von Kalkböden benutzte, bei Wien und im Balkan ursprünglich vorkommende Schwarzföhre (*Pinus nigra*), die Rumelische Weymuthskiefer (*Pinus peuce*) sowie andere südeuropäische, vor allem aber nordamerikanische Kiefernarten waren vorhanden.

Von besonderem Interesse sind die Hölzer zweier heute vereinsamt und selten in Ostasien (Abb. 55) lebender Nadelbäume, der Chinesischen Wasserkiefer (*Glyptostrobus*) und der Japanischen Schirm- oder Goldkiefer (*Sciadopitys*); das Auftreten dieser beiden Bäume ist überdies durch Blatt- und Zapfenreste erwiesen. Während *Glyptostrobus* keine seltene Erscheinung im Braunkohlenwald war, fanden sich Reste der anderen Gattung bisher nur an ganz wenigen Stellen in Deutschland. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang noch das z. T. allerdings durch andersartige Reste belegte Auftreten von *Tsuga*, *Thuja*, *Pseudolarix*, *Libocedrus* und Eibengewächsen (*Podocarpus*) zu erwähnen.

Nicht alle Braunkohlenhölzer sind bestimmbar; an vielen sind die Merkmale durch Zersetzungserscheinungen wie dicht gedrängt verlaufende spiralige Risse in der Zellwand (Spiralstreifung)

oder durch Druckverformung (Abb. 14) unkenntlich geworden. Besonders in den Braunkohlenvorkommen, über welche die gewaltigen eiszeitlichen Gletscher hinweggingen, zeigen sich die liegenden Hölzer oft bis zur Unkenntlichkeit zusammengepreßt, während die aufrecht stehenden Stümpfe in rippelartigen Oberflächenformen äußere Anzeichen der Stauchung zeigen. Als wenig widerstandsfähig erweist sich das im Frühjahr gebildete zartwandige Frühholz; seine Zellen und Zellreihen sinken bald zusammen und werden durch Druckwir-

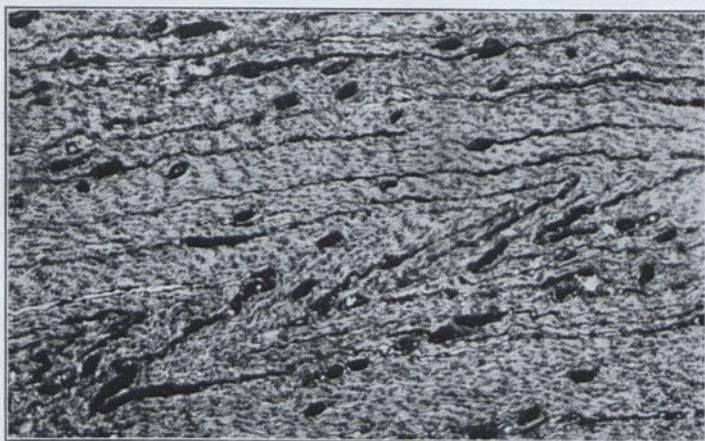


Abb. 14. Querschnitt durch stark inkohlten Xylit aus Kölner Braunkohle (Wachtberg). Zellige Struktur (vgl. Abb. 11) durch Inkohlung und Überlagerungsdruck weitgehend homogenisiert. Harzkörner (schwarz) z. T. in zusammenhängende Zonen ausgewalzt. Gewebe im Zickzack gefaltet. Dünnschnitt, vergr. 102. Aufn. K. A. JURASKY.

kungen förmlich ausgewalzt. Hingegen bleiben die gegen das Ende der Vegetationszeit gebildeten Spätholzzonen¹⁾ mit ihren dickwandigen, auf mechanische Festigkeit abgestellten Geweben lange gut erhalten; daß auch die stoffliche Widerstandsfähigkeit durchaus verschieden ist, zeigt schon die starke Bräunung der Substanz in den Frühholzgeweben, während die Spätholzzellen oft bis zuletzt hellgelb bleiben. Hier erhält sich übrigens wegen der großen, schwer zersetzlichen Stoffanhäufung auch die Zellulose am längsten.

¹⁾ Sie sind der kennzeichnende, deutlich hervortretende Teil, der auch in den Braunkohlenhölzern deutlich ausgebildeten Jahresringe (Abb. 11).

Sie ist infolge ihrer Feinstruktur doppelbrechend; solche auf Zellulosegehalt zurückzuführende Doppelbrechung zeigt sich unter dem Polarisationsmikroskop oft noch sehr deutlich in den Spätholzzellen, während im Frühholz der Xylite auch bei ausgezeichneter Struktur-erhaltung meist keine Spur mehr davon festzustellen ist. Die Zellulose ist hier längst zersetzt oder umgewandelt, und die Feinstruktur wird hier nur durch das Lignin bzw. seine humosen Umwandlungsprodukte weiter erhalten.

Zu erwähnen sind noch einige besondere Erhaltungsarten der bisher besprochenen Braunkohlenhölzer: die Zellulose- und Siegelackhölzer, der Fusit und die Versteinerungen. In der Braunkohle von Klettwitz (N.-Laus.) findet sich, durch Sonderbedingungen begünstigt, der merkwürdige Ausnahmefall, daß von der ursprünglichen Substanz des Holzes allein die Zellulose erhalten ist, während das Lignin durch eine Art natürlichen Sulfitlaugenprozeß (wie er künstlich in der Papierfabrikation angewandt wird) entfernt wurde. Es sind Lignitstücke, die ganz oder zum Teil in eine schlohweiße Zellulosemasse umgewandelt sind. Häufiger sind die „Siegelackhölzer“, welche sich mit einem Streichholz ohne weiteres entflammen lassen und mit rußender leuchtender Flamme wie Siegelack verbrennen. Die Zellsubstanz ist bei ihnen weitgehend entfernt und ein überreicher Harzgehalt hat sich beherrschend angereichert. Vielfach ist Holz in Form der Fossilen Holzkohle erhalten. Da es sich auch hier fast nur um Nadelhölzer handelt, also dieselbe Auswahl vorliegt, welche durch die Zersetzungsprozesse innerhalb des werdenden Flözes unter den eingebetteten Hölzern getroffen wurde, da ferner alle innerhalb des Flözes durch Druck zustande gekommenen plastischen Verformungserscheinungen wie in den Ligniten vorkommen, zu denen die starre spröde Holzkohle nicht mehr befähigt ist, muß entgegen herrschenden Anschauungen angenommen werden, daß sich ein Großteil dieser fossilen Holzkohle nicht gleich zu Anfang durch Waldbrände, aus baumfrischen Holz, sondern späterhin durch andere Vorgänge im Innern des Flözes aus Xyliten gebildet hat. Von den versteinerten Hölzern, deren Struktur in bis zur Durchsichtigkeit dünngeschliffenen Scheibchen zur mikroskopischen Beobachtung gelangt, sind die verkieselten in manchen Gruben überaus häufig. In der zwischen Kalkschichten lagernden oberbayrischen Pechkohle (vgl. S. 108) treten auch verkalkte Hölzer auf. Eine Besonderheit mancher Braunkohlengruben um Köln sind Xylite, in denen sich Kügelchen von Sphärosiderit



Abb. 15. Erbsenförmige Sphärosiderit-Ausscheidungen in einem Braunkohlenholz („Donatus“ b. Köln). Aufn. K. A. JURASKY.



Abb. 16. Palmenholz (*Palmoxydon bacillare* [BROGN.] JURASKY) aus nieder-rhein. Braunkohle (Gruhlwerk). Gewirr der hervorwitternden Bastfaserstränge. Nat. Gr. Aufn. K. A. JURASKY.

(Spateisenstein) ausgesondert haben, welche die Zellgewebe zwar zum Teil beiseite gedrängt, z. T. aber auch echt versteinert haben; in manchen Xyliten nur in stecknadelkopfgroßen Anfängen vorhanden, werden sie oft bis über erbsengroß und bilden eine lückenlos gedrängte Versteinermasse (Abb. 15).

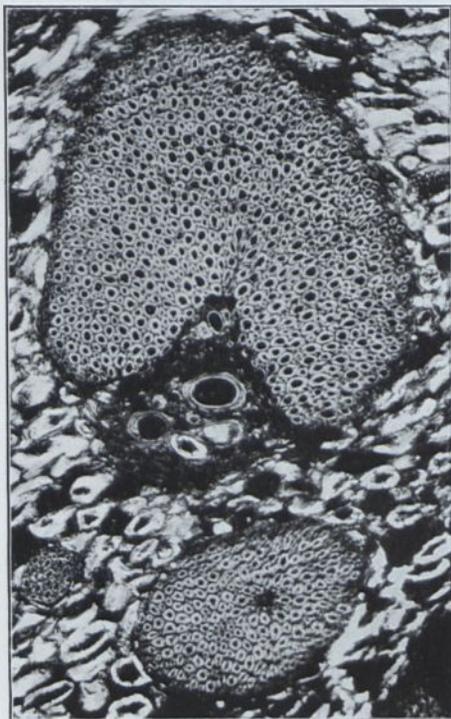


Abb. 17. Querschnitt durch ein Palmenholz aus Kölner Braunkohle (vgl. Abb. 16). Gefäßbündel mit weiten Zellröhren; oben und unten Bastfaserbelag; ringsum Grundgewebe. Vergr. 120. Aufn. K. A. JURASKY.

und nährstoffleitender Zellröhren; jedes dieser „Gefäßbündel“ ist von starken Bastfasersträngen umschlossen (Abb. 17), ja der ganze Palmenstamm erhält hauptsächlich durch sie seine Festigkeit. Der Querschnitt zeigt diese Bastfasern aus „sklerenchymatischen“ Zellen aufgebaut, deren Wände in konzentrischen Anlagerungszonen

Wichtige Fossilien der deutschen Braunkohlen sind neben Nadelhölzern die Palmenhölzer; sie treten reichlich in allen Altersstufen der Tertiärformation mit Ausnahme des Pliozäns auf und sind wegen der hohen Ansprüche dieser Pflanzengruppe an ein besonders warmes Klima von großem Interesse hinsichtlich der

Braunkohlen-Bildungsbedingungen (siehe S. 77). Das Holz der Palmen und auch der wenigen anderen baumförmigen Gewächse aus der Gruppe der monokotylen Blütenpflanzen ist ganz anders gebaut als das der Laub- und Nadelbäume. Innerhalb eines verhältnismäßig zartzelligen Grundgewebes verlaufen hier längs im Stamme über dessen ganzen Querschnitt verstreute, nach außen zu gehäufte Bündel wasser-

oft bis zum Verschwinden des Innenraums verdickt sind. Solange die fossilen Palmenholzstücke grubenfeucht sind, ist oft genug sogar das Grundgewebe noch gut erhalten. Beim Trocknen der im Tagebau freigelegten Kohle zerfällt es aber bald, die festen Bastfaserstränge werden dann locker und frei und die Palmenhölzer fallen dem Kundigen als wirre Verbände aufblätternder drahtähnlicher Fasern sofort in der umgebenden Kohle auf (Abb. 16). Die Palmenhölzer sind übrigens so einförmig gebaut, daß es bei dem heutigen Stand

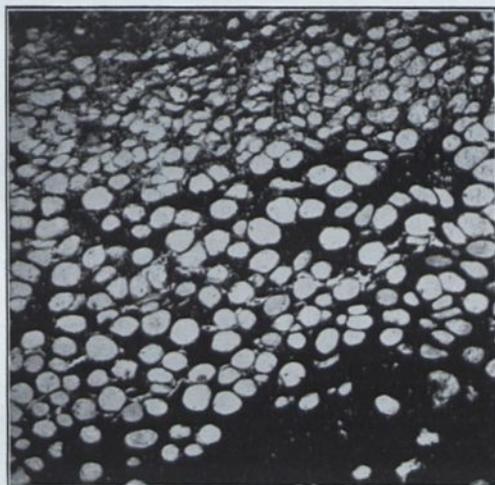


Abb. 18. Querschnitt durch eine fossile Kautschukrinde. Braunkohle von Roßbach b. Weißenfels. Dichtgedrängte Lagerung heller Kautschukfäden. Vergr. 50. Aufn. K. A. JURASKY.

unserer Kenntnisse nicht gelingt, sie einzelnen bestimmten Palmenarten zuzuweisen; die Größe der Palmenholzstücke und ihr Massenaufreten in manchen Lagen, z. B. der rheinischen Braunkohle, zeigen, daß zeitweise reiche Bestände sehr ansehnlicher Bäume aufgetreten sein müssen (vgl. auch S. 110).

Das merkwürdigste, in den Zusammenhang dieses Abschnittes gehörende Fossil sind die Kautschukrinden der eozänen, sächsisch-thüringischen Braunkohlen (Köthen, Geiseltal um Merseburg, Weißenfels), flache, durch ihre Gestalt und „borkig“-rissige Oberfläche schon äußerlich als Baumrinden kenntliche Gebilde. Sie sind durchzogen von dichtgedrängten gelbweißen Fasern (Abb. 18), die durch

Zerstörung der korkig-holzigen Rindensubstanz auch in freien lockeren Bündeln in der Kohle zu finden sind und von den Bergleuten scherzhaft „Affenhaar“ genannt werden. Die chemische Untersuchung durch KINDSCHER ergab, daß sie aus echtem, z. T. sogar durch den Kohlenschwefel vulkanisiertem Kautschuk bestehen, was auch durch den Geruch der zum Glimmen gebrachten Substanz angedeutet wird. GOTHAN zeigte, daß die Fasern aus dem innerhalb der entsprechenden Zellröhren (Milchsafttröhren) erstarrten Milchsaft von Kautschukbäumen bestehen. Kautschuk liefern freilich Gewächse aus sehr verschiedenen Familien (z. B. Wolfsmilch- und Feigen-gewächse). Feigenarten ähnlich dem oft in Zimmern kultivierten Gummibaum (*Ficus elastica*) sind in jenen Braunkohlen häufig; ob der Kautschuk von ihnen stammt, ist noch ungewiß. (Über Folgerungen hinsichtlich des Klimas s. S. 78.)

2. Früchte und Samen

Früchte und Samen treten in der Braunkohle überaus häufig in kohlgiger Erhaltung auf (Abb. 19, 20). Sie sind — wie alle mit der Fortpflanzung in Zusammenhang stehenden Organe — meist sehr geeignet zur Bestimmung der zugehörigen Pflanzen — wenn man sie auch nicht als allein zuverlässige und allein brauchbare pflanzliche Fossilien bezeichnen kann. Ihr hoher Wert kann aber nicht bestritten werden, besonders wenn der Beurteilung ihrer äußeren Merkmale noch das oft sehr gut mögliche Studium der anatomischen Verhältnisse hinzugefügt wird. Angesichts der ungeheuren Reichhaltigkeit der Braunkohlenflora und im Hinblick auf die Tatsache, daß die meisten ihrer überlebenden Pflanzenarten heute in überseeischen, weit von unseren Forschungsstätten entfernten Gebieten der Erde beheimatet sind, wird bei vielen erst die fortschreitende Forschung nähere, über die Kenntnis mehr oder minder naher Verwandtschaftsverhältnisse hinausgehende Angaben machen können. Wohlcharakterisierte, gut bestimmbare Fossilien haben die meisten der schon genannten Nadelhölzer in ihren Zapfen hinterlassen. Zwei *Sequoia*-Arten, *Glyptostrobus* und *Taxodium* sind reichlich vertreten. Auch die Anwesenheit von *Sciadopitys* konnte lange vor der Auf-findung ihres Holzes durch Zapfenreste (u. Nadeln) festgestellt werden. Auch Arten der Schierlingstanne (*Tsuga*) kennt man aus der Braun-kohle. Häufige Erscheinungen sind auch Zapfen von Fichten (cf. *Picea omorica*) und vor allem verschiedenen Kiefernarten,

deren nächste Verwandte heute in Europa, in Nordamerika und Asien leben. In den Gruben Zukunft und Lucherberg bei Eschweiler treten in der Kohle, vor allem aber in den darüber befindlichen Sanden,



Abb. 19. Samen von *Magnoliaespermum fliegeli* (MENZEL) KIRCHH. in Niederlausitzer Braunkohle. Nat. Gr. Aufn. K. A. JURASKY.



Abb. 20. Früchte (z. T. geöffnet) einer ausgestorbenen Cornacee: *Tectocarya rhenana* KIRCHH. Braunkohle von Düren. Nat. Gr. Aufn. K. A. JURASKY.

solche Zapfen in großer Menge auf. An die trocknende Luft gebracht, spreizen sie noch heute nach Millionen von Jahren ganz wie frische Zapfen ihre Fruchtschuppen auf und entlassen die schön mit häutigem Flügeln erhaltenen Samen.

Auch die Laubbölzer (Bäume und Sträucher) haben reichliche entsprechende Spuren hinterlassen: Erlen-, Ulmen- und (seltener) Ahornarten, Verwandte des Nußbaums und unserer Haselnuß, welche z. T. mit den noch heute bei uns lebenden nahe verwandt sind oder sogar mit ihnen übereinstimmen, deren Nachkommen z. T. aber auch heute in Ostasien, andererseits in Nordamerika leben. Aus der riesigen Menge anderer Pflanzen erwähnen wir nur noch: die Samen von Lorbeergewächsen, einer Weinart, verschiedener nicht näher bestimmbarer Schmetterlingsblütler, und die sehr auffälligen walnußähnlichen und -verwandten Früchte der Hickorynuß (*Carya*, heute Nordamerika) und der Flügelnuß (*Pterocarya*; heute in Ostasien mit einem Reliktvorkommen im Kaukasusgebiet). Nicht selten sind Samen von *Nyssa*-Arten, ausgesprochener Sumpfwald-Bäume. Auch Palmensamen (*Chamaerops*, Fächerpalme) wurden vereinzelt gefunden.

Als auffällig bezeichnete und zur Stützung der Annahme verhältnismäßig trockener Bedingungen der Braunkohlenbildung herangezogene Erscheinung (s. S. 74ff.) wurde zuweilen angeführt, daß sich in der Braunkohle kaum oder nur selten Reste echter Wasserpflanzen fänden. Nun ist es hinsichtlich der durch große Zartheit und das Fehlen widerstandsfähiger Gewebearten ausgezeichneten vegetativen Organe klar, daß sie keine Aussicht auf Erhaltung haben. Was aber Früchte und Samen anlangt, so kennen wir besonders auch nach neueren Feststellungen doch immerhin schon eine ganze Reihe solcher Reste: Die merkwürdigen, nach dem Prinzip eines Ankers gebauten Früchte von Wassernuß- (*Trapa*-)Arten, die Samen der Seerose *Brasenia*¹⁾, der Wasseralee *Stratiotes* (vgl. S. 112) und der „fleischfressenden“ *Aldrovandia vesiculosa*. (Andersartige Reste kennt man auch von dem merkwürdigen, schwimmenden Wasserfarn *Salvinia*.)

3. Blätter und Blatthäute (Kutikulen)

Nicht nur die Braunkohlenflöze als „Mittel“ zerteilenden oder sie als „Liegendes“ oder „Hangendes“ begleitenden Tonschichten, sondern auch einzelne Lagen der Kohle selbst sind überaus reich an (Nadel- und) Blattresten, die keineswegs nur als „Abdrücke“, vielmehr meist stofflich und mit vielen Feinheiten der äußeren Merkmale wie des inneren Aufbaus erhalten sind. Da die Braunkohle

¹⁾ Heute in Ostasien.

angesichts ihres hohen Wassergehaltes und ihrer sonstigen Eigenschaften an der Luft meist rasch zerfällt, sind Aufsammlung, Transport und Aufbewahrung der in der Braunkohle selbst vorkommenden Blattreste überaus schwierig. So sind denn bisher vor allem die in den begleitenden Tonen vorkommenden Blattfossilien bearbeitet, in unzähligen Text- und Tafelwerken beschrieben und abgebildet worden. Wenn auch ein Großteil dieser von Berufenen wie auch Unberufenen vorgenommenen Bestimmungen¹⁾ in ihrer Zuverlässigkeit bezweifelt werden muß, so ist doch durch diese Arbeiten eines



Abb. 21. Von Kiefernadeln durchsetzte Kohle (Eozän) von Grube Kurt b. Zeitz. Etwa nat. Gr. Aufn. K. A. JURASKY.

mit Sicherheit klar geworden: die ungeheure Arten- und Formenmannigfaltigkeit der Braunkohlenflora.

Blätter von Farngewächsen sind verhältnismäßig selten anzutreffen: in den älteren Braunkohlen kommt *Lygodium* vor (handförmig gelappte Blätter; heute Nordamerika, Japan). In Stammresten treten *Osmunda*-Arten (Verwandte heute in Java) auf.

¹⁾ Wir erwähnen hier nur Pflanzen, deren Auftreten in der Braunkohle und den unmittelbar begleitenden Schichten über jeden Zweifel erhaben ist. Bevorzugt sind Arten, die entweder sehr bezeichnend und besonders verbreitet waren, oder deren Vorkommen aus verschiedenen Gründen besonders merkwürdig und bedeutungsvoll ist.

Überaus reich sind wiederum viele der schon genannten Nadelbäume (Abb. 22) vertreten: *Taxodium*, *Glyptostrobus*, vor allem aber Kiefernarten, mit deren Nadeln manche Kohlschichten geradezu gespickt sind (Abb. 21), während man andererseits ganze Schichten einer Art fossiler Waldstreu von *Sequoia*-Zweiglein findet. Die eigenartigen Doppelnadeln von *Sciadopitys* wurden bei Aachen festgestellt; auch Blattreste des Ginkgo-Baumes wurden bekannt; er ist unter den nacktsamigen Gewächsen (Gymnospermen, S. 5) der vierte im Bunde jener „lebenden Fossilien“, die — ehemals weit verbreitet — heute auf ein kleines Gebiet in Ostasien beschränkt sind (*Sciadopitys*, *Glyptostrobus*, *Pseudolarix*).



Abb. 22. Nadelholz-Zweiglein in eozäner Braunkohle (Beuna, Geiseltal).
Vergr. ca. 2. Aufn. K. A. JURASKY.

Geradezu unübersehbar ist der Reichtum an Laubblättern. Während manche Kohlenlagen nahezu frei von gut erhaltenen Blattresten sind, andere sie wieder nur sehr verstreut führen, gibt es Schichten, die gleichsam wie nach einem herbstlichen Laubwald von ihnen durchsetzt sind, wie gewisse überaus feinschlammige Kohlenbänke im Geiseltal (Abb. 23); hier sind die Blätter übrigens auch stofflich so gut erhalten, daß man zuweilen noch die Blattgrüнкörper unter dem Mikroskop erkennen kann. Chlorophyll ließ sich schon früher in manchen Braunkohlen (Rott bei Siegburg) spektroskopisch nachweisen.

Eine ganze Reihe von Pflanzen findet sich in denselben oder nahe verwandten Arten in den Braunkohlen aller, klimatisch doch so verschiedener Stufen der Tertiärformation. Neben Nadelhölzern gehören merkwürdigerweise dazu auch eine ganze Reihe von Pflanzen, die heute in durchaus gemäßigten Klimazonen von Europa, Asien und Nordamerika leben.

Abgesehen vom letzten Abschnitt der Tertiärzeit (Pliozän) weist aber eine große Anzahl der Braunkohlengewächse auf subtropisch-tropische Klimabedingungen, wie sie im Mittelmeergebiet, vergleichbarer noch in Florida heute verwirklicht sind. Dazu gesellen sich im Eozän, etwas abklingend auch noch im Oligozän, ausgesprochene Tropengewächse.

Aus der unübersehbaren Formenfülle all dieser Pflanzen kann natürlich hier nur eine sehr beschränkte Auswahl geboten werden. Reich vertreten waren Pappeln, Weiden, Erlen, Buchen, Hainbuchen,

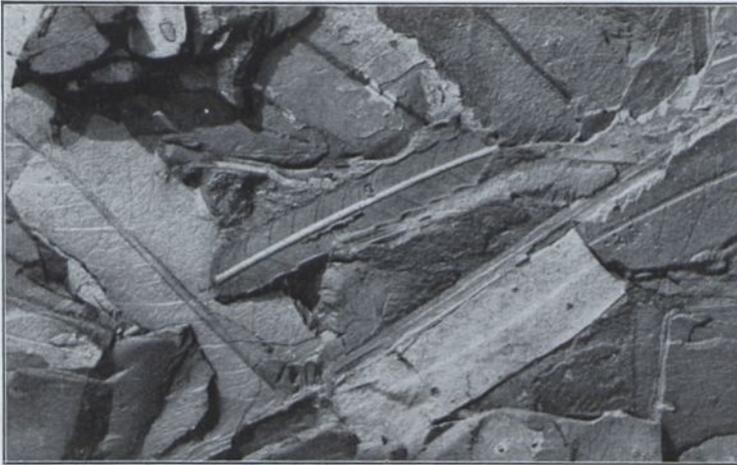


Abb. 23. Von Blättern durchsetzte feinschlammige Braunkohle.
Grube Beuna, Geiseltal. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. Aufn. K. A. JURASKY.

Haselnuß, die schon S. 50 genannten verschiedenen Nußbäume und eine Menge Ahornarten, auch Eichen und Edelkastanien mit sehr verschieden gestalteten Blättern. Die uns geläufige Form des Eichenblattes ist ja keineswegs für die Gattung bezeichnend. Die Arten all dieser Laubhölzer stehen wiederum deutlich in Beziehung zu heute in Nordamerika, Ostasien, aber auch Europa, z. T. sogar noch bei uns lebenden Formen. Es finden sich darunter selbst im Untertertiär Arten mit durchaus gemäßigten Klimaansprüchen.

Überaus reich waren in der Tertiärflora die Lorbeergewächse vertreten mit Arten von Lorbeer (*Laurus*), Zimt- und Kampferbaum (*Cinnamomum*-Arten), *Sassafras* und *Lindera*. Aus anderen Gruppen

sind weiterhin zu erwähnen die beiden Ulmengewächse Zürgelbaum (*Celtis*) und die transkaukasische *Zelkowa*; die nordamerikanischen, viele unserer Anlagen schmückenden Tulpen- und Trompetenbäume (*Liriodendron*, *Catalpa*), die dem Tulpenbaum nahestehenden Magnolien (N.-Am., O.-As.), Storaxbaum (*Liquidambar*: Syrien, N.-Am.), Pistazien (Mittelmeer), Sumach (*Rhus*: N.-Am., O.-As. u. a.), Götterbaum (*Ailanthus*, S.- u. O.-As.), Gagelgewächse (*Myricaceae*), Platanen, Linden und mancherlei Schmetterlingsblütler (*Papilionaceae*). Auch Reste von Weinarten (*Vitis*), ja sogar der halbparasitischen Misteln (*Loranthus*, *Viscum*) wurden bekannt.

Auch Feigenblätter (*Ficus*) sind nicht selten; sie stehen aber nur in wenigen Fällen der im Mittelmeer kultivierten eßbaren Feige (*F. carica*) nahe. Besonders im Eozän handelt es sich um ausgesprochen tropische Arten der Untergattung *Urostigma*, deren ganzrandige lederige Blätter nach dem Muster des uns als Zimmergewächs bekannten Gummibaums (*F. elastica*) gestaltet sind. Blattreste von Fächer- wie von Fiederpalmen, die den Gattungen *Chamaerops*, *Sabal*, *Phoenix* u. a. zugewiesen werden, vervollständigen das Bild der braunkohlenbildenden Pflanzenwelt, ein Bild, das natürlich in den einzelnen Abschnitten der Tertiärzeit wechselnde Züge, aber auch örtliche Besonderheiten aufweist; es muß hier betont werden, daß natürlich nicht alle der hier aufgezählten Formen immer zeitlich und örtlich zusammen auftraten.

Welcher Merkmale und Methoden bedient sich nun die Forschung zur **Bestimmung der vorweltlichen Blattreste**, zu ihrer Einordnung in noch heute lebende Gattungen oder sogar Arten? Früher so gut wie ausschließlich zur entsprechenden Beurteilung herangezogen spielen auch heute noch die „äußeren Merkmale“ der Blattform, der Gestaltung des Blattrandes und der Aderung eine bedeutende Rolle. Indessen bereiten der darauf aufgebauten Arbeitsweise eine ganze Reihe im Pflanzenleben auftretender biologischer Erscheinungen große Schwierigkeiten und müssen uns heute die Sicherheit vieler früher getroffener Bestimmungen zweifelhaft erscheinen lassen. Wir nennen die wichtigsten dieser Fehlerquellen:

Variabilität: Die Blattorgane der Einzelpflanzen einer Art können u. a. je nach den Standortsbedingungen in Größe, Form usw. erheblich abändern.

Polymorphismus: Die Erscheinung, daß innerhalb einer mehr minder engen Verwandtschaftsgruppe („Sippe“), wie sie Familie oder Gattung darstellen, die verschiedensten und abweichendsten Formbildungen auftreten. Ein bekanntes Beispiel aus der heutigen Pflanzenwelt ist die Vielgestaltigkeit innerhalb der Familie der *Proteaceae* (benannt nach *Proteus*, dem Vielgestaltigen).

Heterophyllie: Mehr oder weniger gesetzmäßige Änderungen der Blattgestalt an einer einzigen Pflanze im Laufe ihres fortschreitenden Alters, an Verzweigungen höherer und niederer Ordnung oder vegetativen und fruchtbaren Zweigen; Beispiele: Hülse („Stechpalme“, *Ilex aquifolium*), Efeu (*Hedera helix*), *Eucalyptus globulus*, *Ficus stipulata*, *Populus euphratica* (Abb. 24).

Die genannten Erscheinungen können sich hinsichtlich der Bearbeitung fossilen Materials in der allzu weitgehenden und den natürlichen Verhältnissen nicht entsprechenden Aufgliederung in Arten und Unterarten auswirken. Die entgegengesetzten Folgen, nämlich daß das zur Festlegung einer Art benützte

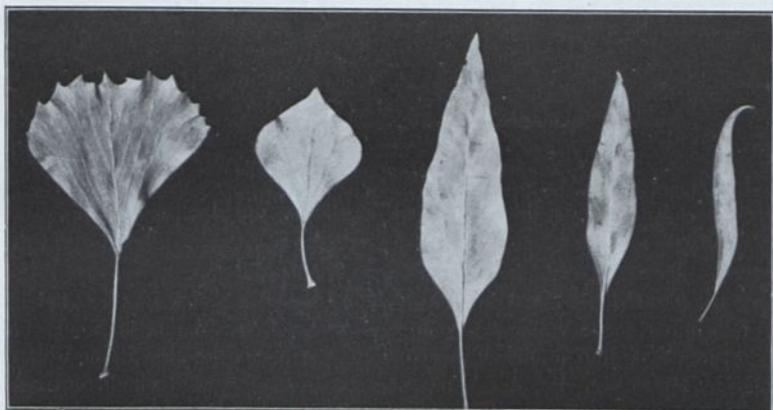


Abb. 24. Vielgestaltigkeit der Blätter an ein und demselben Baum von *Populus euphratica* (Botan. Garten Tiflis, ded. Dr. KÖNIG). $\frac{1}{2}$ nat. Größe. Aufn. K. A. JURASKY.

fossile Blattmaterial von ganz verschiedenen, miteinander u. U. nicht im entferntesten verwandten Pflanzen geliefert wurde — und Fehlbestimmungen mit verhängnisvollen Auswirkungen für die auf das vermeintliche Vorkommen einer Pflanzenart aufgebauten weiteren Schlüsse hat die Erscheinung der

Konvergenz der Blattformen: Pflanzenarten verschiedenster systematischer Zugehörigkeit, die unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen leben, können in der Gestaltung vor allem der Beblätterung überraschend einheitliche Tracht annehmen. So zeigt z. B. die Hartlaubflora des Mittelmeergebiets vielfach den Lorbeer- und Weiden-Blatttypus. In anderen Gebieten der Erde zeichnen sich die Glieder mancher Pflanzengemeinschaften durch die Ähnlichkeit mit Heidekrautgewächsen, durch „ericoiden Habitus“ aus, gleichgültig, ob es sich um wirkliche Ericaceen, um Korbbblütler o. a. handelt. Schließlich können sich gerade wegen der ungeheuren Abwandlungsfähigkeit der Blattorgane die äußeren Merkmale ohne tiefere Begründung rein „zufällig“

an verschiedenen Stellen des Systems wiederholen. Zur Sicherung neuer Bestimmungen und bei Nachprüfung zweifelhaft erscheinender älterer Zuweisungen wird man in Zukunft noch mehr als heute die Methode der anatomischen Untersuchung anwenden. Sie gründet sich auf die gerade bei den

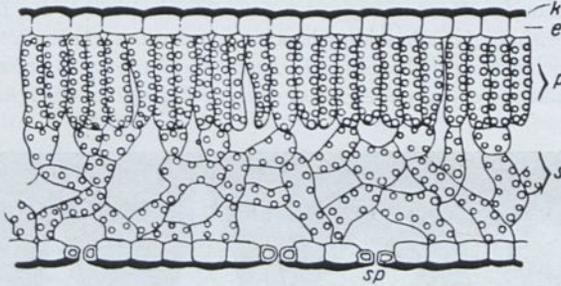


Abb. 25. Schematischer Querschnitt durch ein Laubblatt.
p = Palisadenparenchym, *s* = Schwammparenchym, beide mit Blattgrünkörnern; *e* = Epidermis; *k* = Kutikula; *sp* = Spaltöffnung.
 Nach K. A. JURASKY.

„Braunkohlenblättern“ fast immer erhaltene Kutikula des Blattes (Abb. 25, 26) und deren mannigfache arteigene, von Art zu Art aber meist wechselnde Strukturen. Sie fügt damit zu den äußeren Eigenschaften eine Reihe weiterer wichtiger Merkmale, die, der Anpassungsnotwendigkeit weitgehend entzogen, bei Angehörigen derselben Art sehr gleichbleibend sind. Es gibt aber auch Merkmale darunter, die weitergehend die Zugehörigkeit zu einer höheren

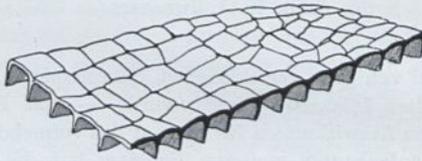


Abb. 26. Isometrisches Raumbild einer isolierten Kutikula mit dem unterseitigen Fachwerk der in die Epidermis-Zellwände eindringenden keilförmigen Leisten. Nach E. STACH.

Ordnungseinheit (Gattung, Familie) erkennen lassen, wie die Gestaltung und Verteilung der Spaltöffnungen. Die Kutikula ist ein aus fettartigen Substanzen (Kutin, vgl. S. 9) bestehendes und daher gegen Zersetzung sehr widerstandsfähiges Häutchen, das die obersten Zellschichten (Epidermis) der Blattober- und -unterseite samt den Haarbildungen eng anliegend überzieht. Sie zeigt oft bezeichnende Runzel-, Falten- und Lochbildungen und gibt weiterhin

meist eine so treue Abprägung der Epidermiszellstruktur, daß man unter dem Mikroskop diese Epidermis selbst vor sich zu haben glaubt. Auch wenn eine Pflanze an demselben Einzelwesen so verschiedene Blattformen hervorbringt wie die erwähnte, auch fossil („*Populus mutabilis*“) vorkommende *Populus euphratica* — die Kutikelstrukturen stimmen bei allen genau überein! So ist es möglich, die Zugehörigkeit äußerlich verschieden gestalteter Blätter zu ein und derselben Pflanzenart sehr wahrscheinlich zu machen oder zu erweisen, andererseits, bei Konvergenzerscheinungen, Unzusammengehöriges zu trennen und falsche Artzuweisungen wenigstens in verneinendem Sinn richtigzustellen.



Abb. 27. Laubblatt mit abblättrender Kutikula in Braunkohle (Eozän, Beuna, Geiseltal). Vergr. 1,8. Aufn. K. A. JURASKY.

Die Kutikeln lassen sich durch Mazeration gewinnen: Ein abgeblättertes Stückchen des Blattfossils (Abb. 27) kommt zunächst in SCHULZESCHES Gemisch (Kaliumchlorat + wässrige Salpetersäure); die Kohle und die kohlig erhaltenen Teile des Blattes werden dadurch oxydiert und können mit Alkalien (Ammoniak) leicht weggelöst werden. Die glasklaren, etwas gelblich oder bräunlich gefärbten Kutikeln bleiben infolge ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit übrig und werden nach entsprechender Zurichtung der mikroskopischen Beobachtung zugeführt. Die Kutikeln der Blattober- und -unterseite finden sich fast immer zusammen. Kutikeln treten natürlich nicht nur in Verbindung mit deutlich erhaltenen, äußerlich als solche erkennbaren Blattfossilien auf, sie finden sich vielmehr auch losgelöst davon in kleinen Fetzen massenhaft in der Kohle — ja sie gehören zu den häufigsten Kleinfossilien der Braunkohle überhaupt und sind — nebenbei erwähnt — wichtige Bitumen-

träger. Da sich bei vielerlei Pflanzen — natürlich nicht bei allen — sehr verschiedene Kutikelstrukturen sowohl auf der Unter- wie auf der Oberseite des Blattes zu einem überaus reichhaltig zusammengesetzten Gesamtbild vereinen, das eindeutig ist und kaum bei einer andern Art wiederkehren kann, wird sich das Auftreten bestimmter Gewächse schon durch die Untersuchung solcher kleiner Kutikelstückchen in der Braunkohle erweisen lassen (Kutikular-Analyse, JURASKY).

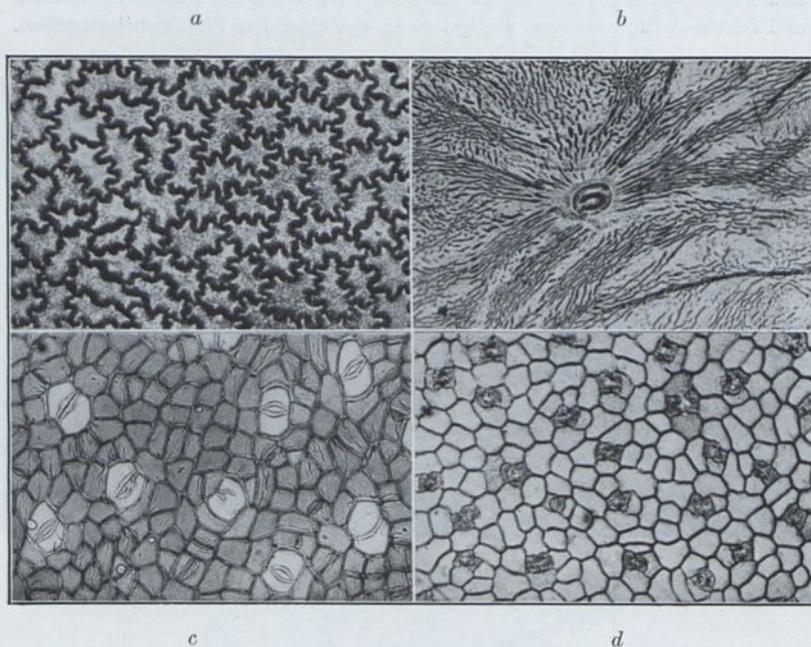


Abb. 28. Kutikelstrukturen: *a* = *Laurus nobilis*, rezenter Lorbeer. Oberseite. Vergr. 200. *b* = *Platanus orientalis*, rezente Platane. Vergr. 200. *c, d* = Kutikeln der Unterseite fossiler Blätter aus Geiseltal-Braunkohle. Vergr. *c* = 120, *d* = 80. Aufn. K. A. JURASKY.

4. Kork; Pollenkörner

Der nach der Zerstörung und Auflösung der Braunkohle durch das Mazerationsverfahren verbleibende Rückstand besteht neben Mineralkörnern (z. B. Quarzsand) und Fusitsplittern aus den allerwiderstandsfähigsten Kleinfossilien; neben Kutikeln und den noch zu besprechenden Pilzresten finden sich hier die auch in Relief-

schliffen immer wiederkehrenden Korkgewebe (Abb. 29), die aber wegen ihres ziemlich gleichen Aussehens keine Schlüsse auf ihre Zugehörigkeit zulassen. Vor allem aber ist in den Mazeraten der reiche Gehalt der Braunkohle an Pollenkörnern angereichert (Abb. 30). Es ist wunderbar, daß sich eine jahrmillionenalte Ablagerung wie die

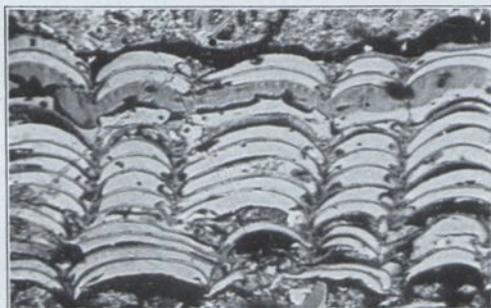


Abb. 29. Korkzellen (Periderm) in rheinischem Braunkohlenbrikett. Reliefschliff, vergr. 454. Aufn. K. A. JURASKY.



Abb. 30. Pollenkörner eines Kautschukbaums aus eozäner Braunkohle (Geiseltal). Vergr. 185. Aufn. K. A. JURASKY.

Braunkohle noch heute ganz durchsetzt zeigt mit dem, was als das Zarteste und Feinste der Natur erscheint, mit Blütenstaub. Aber die Pollenkörner, also die männlichen Fortpflanzungszellen der Pflanze, sind mit einer überaus widerstandsfähigen Haut (Exine) aus kutinähnlichen Stoffen (Sporopollenine; vgl. S. 10) überkleidet; diese erhaltungsfähigen Exinen geben die Form des von ihnen zu Lebzeiten

geschützten, natürlich längst verwesteten Organs getreu wieder. Auch sie zeigen, welche Formenmannigfaltigkeit die Natur selbst an so kleinen und einfachen Zellgebilden verwirklichen kann. Sie sind bei fast jeder Pflanzenart verschieden gestaltet — und so bietet denn auch der fossile Braunkohlenpollen eine Vorstellung des Artenreichtums der tertiären Flora. Der in eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Torfablagerungen enthaltene Pollen ist nach seiner Zugehörigkeit bestimmbar, da hier nur wenige und uns überdies nicht allzu fremde Pflanzen in Frage kommen. Darauf gründet sich ja eine ganze kleine Wissenschaft, die Pollenanalyse, deren Forschungsergebnisse uns sehr genau über die eiszeitliche und nacheiszeitliche Geschichte Europas, über die Entwicklung des Klimas und die Vorgänge in der Pflanzenbedeckung unterrichtet haben. Die Pollenkörner in der Braunkohle, also in tertiären Ablagerungen, bieten der Forschung ähnliche Möglichkeiten, worauf gerade im letzten Jahrzehnt wiederholt hingewiesen wurde. Bei dem großen Artenreichtum der Braunkohlenflora und ihrer Fremdartigkeit gegenüber der heute in Europa lebenden Pflanzenwelt wird es aber noch langer fleißiger Forscherarbeit bedürfen, bis wir auch nur ein genügend großes rezentes Vergleichsmaterial besitzen, um erfolgreich an die Bestimmung der tertiären Pollen herantreten zu können. Aber auch solange die Zugehörigkeit seiner Formen nicht bestimmt ist, läßt sich durch die Untersuchung seiner Ansammlungen („Pollenpektrum“) von Kohlenbank zu Kohlenbank, von Vorkommen zu Vorkommen die Gleich- oder Ungleichartigkeit der an der Bildung beteiligten und in der Umgebung siedelnden Pflanzenwelt erweisen.

5. Pilzreste

Schon zur Tertiärzeit spielte — wie zu erwarten ist — die unübersehbar große Gruppe der Pilze die gleiche Rolle, wie heute: als Parasiten an den Blättern höherer Pflanzen (Rost- und Brandpilze!) und im Holz der Bäume und nicht zuletzt als Fäulnisbewohner (Saprophyten), die das tote Holz und die Anhäufungen gefallener, modernder Blätter u. a. Pflanzenteile mit ihren Fadengeflechten durchwucherten, ihre Substanz stofflich und ihrer Form nach zerstörend. Die Fäden (Hyphen) und kleinen, manchmal noch sporenführenden Fruchtkörper von Blattparasiten werden oft an mazerierten Kutikulen beobachtet (Abb. 31—33). Manche Xylite zeigen sich unter dem Mikroskop von Hyphengeflechten durchwuchert. Be-

sonders deutlich treten Pilzsporen infolge ihrer großen, fusitähnlichen Härte im Mikrobild der Braunkohlen-Reliefschliffe hervor. Die Abb. 35—36 zeigen in deutschen Braunkohlen häufige Pilzsporen-



Abb. 31. Pilzfäden auf fossiler Blattoberhaut. Geiseltal (Cecilie). Vergr. 400.
Aufn. K. A. JURASKY.



Abb. 32. Ausgekeimte fossile Pilzsporen auf Blattepidermis. Kölner Braunkohle (Wachtberg). Vergr. 750.
Aufn. K. A. JURASKY.

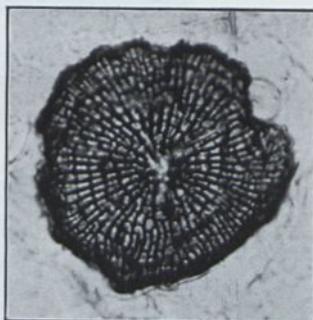


Abb. 33. Fruchtkörper eines parasitischen Pilzes (*Phragmothyrites*) auf Blattepidermis. Braunkohle von Grube Wachtberg bei Köln. Vergr. 425.
Aufn. K. A. JURASKY.

formen — die Abb. 34 eine Form der sogenannten „Sklerotien“, d. s. widerstandsfähige Dauerzustände von Pilzen, zu welchen sie sich umbilden, wenn es gilt, ungünstige Verhältnisse zu überdauern; im Braunkohlentorf dürften die nach und nach zur Einwirkung gelangten

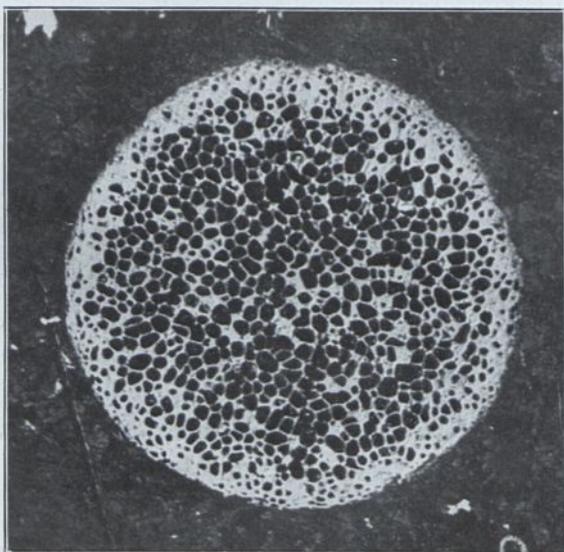


Abb. 34. Sklerotium, Dauerform eines Pilzes (*Sclerotites brandonianus*).
Lausitzer Braunkohle. Vergr. 300. Aufn. K. A. JURASKY.



Abb. 35. Pilzsporenformen (Teleutosporen) aus Kölner Braunkohle (Grube
Wachtberg). Reliefschliff, vergr. 836. Aufn. K. A. JURASKY.

giftigen humussauren Wässer ihre Bildung angeregt haben. Manche mehr unregelmäßig geformte „kuchenförmige“ Sklerotien stammen wahrscheinlich von Schleimpilzen (*Myxomycetes*), deren grellbunte schleimige Massen wir auch heute noch auf faulenden Pflanzenteilen beobachten können („Lohblüte“). Sie sind übrigens mit den eigentlichen Pilzen nicht verwandt.

Auch ganze Pilzfruchtkörper vom Aussehen z. B. unseres Feuerschwamms (*Fomes*) wurden schon in der Braunkohle gefunden.

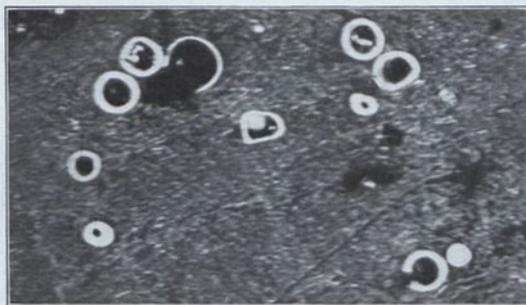


Abb. 36. Dauersporen von Pilzen in Braunkohle. Brikett-Reliefschliff, vergr. 300. Aufn. K. A. JURASKY.

C. Tierische Lebensspuren in der Braunkohle

Gleichgültig, ob das höhere Tierleben des „Braunkohlenwaldes“ sehr reich war oder aber ärmlicher — etwa wie in heutigen Urwäldern — auf jeden Fall müssen unendlich viele Wellen tierischen Lebens während der nach vielen Jahrtausenden zählenden Bildungszeit des Braunkohlentorfes über diesen Boden hinweggegangen sein, auf ihm gelebt, auf ihm ihr Ende gefunden haben. Es wurde schon erwähnt (S. 33), aus welchen Gründen sich von ihnen in den allermeisten Braunkohlen kaum Reste erhalten haben. Andeutungen, wie die S. 19 erwähnten eingeschleppten Steinchen oder auch gelegentlich fossil gefundene, durch die Sammeltätigkeit von Tieren hervorgerufene Anhäufungen von Früchten und Samen sind allzu dürftig. Häufigere Spuren ganz allgemein haben uns lediglich die Insekten hinterlassen; wir wissen, welche Rolle diese Tiergruppe in unseren Kulturwäldern, noch mehr aber in urwüchsigen Naturwäldern spielt, wo alles wächst, steht und fällt, wie es mag. Ist schon um jede lebende Pflanze, um jeden Baum eine ganz große Gemein-

schaft von Insekten, wie Hautflüglern, Schmetterlingen, Käfern usw. geschart, die die Blüten besuchen, vom Laub und von den Früchten leben, bohrend im Holze wohnen — so ist erst recht die tote Pflanze die Wohn-, Nähr- und Brutstätte ganzer biologischer Gemeinschaften, die an allen Resten, im Holz, in der Streu von Laub und Nadeln nagen und wühlen, alles bis aufs Äußerste und bis zur Unkenntlichkeit zerkleinernd. Die Fülle von Leben, welche z. B. ein einziger morscher Eichen- oder Buchenstumpf in unseren Wäldern beherbergt, grenzt ans Wunderbare und läßt uns ahnen, in welchem Reichtum ähnliche Tiere im Braunkohlenwald vertreten gewesen sein müssen. Wir finden auch oft genug Hölzer mit Fraßgängen, die zuweilen noch mit dem feinen Mehl verdauten Holzes ausgefüllt



Abb. 37. Fraßgang einer Miniermotten-Raupe in fossilem Blatt aus Geiseltal-Braunkohle (Beuna). Vergr. 2,7. Aufn. K. A. JURASKY.

sind. Sind diese Fraßspuren auch oft sehr ausgeprägt und regelmäßig, ähnlich denen, wie sie unsere Borkenkäferarten erzeugen, so läßt sich doch die Frage nach der näheren Zugehörigkeit des Insekts schwer beantworten.

Auch an fossilen Blättern sind Insektenspuren erhalten, selten Gallenbildungen, etwas häufiger die sehr kennzeichnend gestalteten, meist geschlängelten Fraßgänge von Miniermotten-Raupen (Abb. 37). Feinschlammige Kohlenbänke haben Abdrücke auch zarter Insektenflügel bewahrt. Oft findet man bei einiger Aufmerksamkeit in der Kohle die aus Chitin bestehenden Flügeldecken von Käfern, die sogar noch in ursprünglicher Buntheit prangen. Auch die leeren, wollfilzigen Puppenhüllen einer Wespe sind im Geiseltal nicht selten.

Es gibt aber Sonderfälle, in denen uns die besondere Kohlenbeschaffenheit (Faulschlammbildungen wie bei Rott, vgl. S. 111)

oder das Zusammentreffen günstiger Umstände einen reicheren Einblick in die Tierwelt der Braunkohlen-Bildungsstätten und ihrer Umwelt ermöglicht hat. Eine Vorbedingung dafür war die reiche Zufuhr kalkhaltiger Wässer in das „Braunkohlenmoor“ und das dadurch bedingte Unwirksamwerden der sonst alle aus Kalk aufgebauten Hartteile lösenden Humussäuren. Ein Beispiel von geradezu einmaliger Großartigkeit bieten einige Grubenfelder in der eozänen Braunkohle des mittleren Geiseltales (S. 114). Die hier von JOHANNES WALTHER begonnenen und



Abb. 38. Epithelzellen mit Zellkernen aus der Haut eines fossilen Frosches. Eozäne Braunkohle, Grube Cecilie, Geiseltal. Vergr. ca. 700.
Aufn. Geolog. Univ. Inst. Halle.

unermüdlich wie zielbewußt von JOHANNES WEIGELT fortgeführten und zur Entfaltung gebrachten Forschungsarbeiten des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Halle konnten in der Braunkohle selbst ganze Mumienfelder aufdecken; das diese Reste beherbergende „Museum für mitteldeutsche Erdgeschichte“ bildet heute eine der größten Sehenswürdigkeiten Halles.

Nur eine Verkettung besonderer Umstände konnte zur Entstehung dieser Fundstätten und der einzigartigen Erhaltungsweise ihrer Reste führen. Neben der Zufuhr von Kalk durch Quellwässer aus dem Muschelkalk der Umgebung gehörten dazu besondere, sicher recht verwickelte chemische Bedingungen, unter denen es zum Aufbau und zur Erhaltung noch nicht ganz klargestellter

chemischer Verbindungen zwischen Kalk und den Körperstoffen der toten Lebewesen, besonders den Fettsäuren kam. Sind uns doch hier in der Braunkohle keineswegs nur Knochenreste, Fischschuppen und Zähne der Tiere überliefert, sondern auch aus Hornstoffen usw. bestehenden Teile: Eidechschuppen, Vogelfedern, z. T. noch mit Haaren besetzte Hautreste von Säugern. „Tropische Käfer zeigen noch ihren buntschillernden Farbenglanz“, Schmetterlingsflügel weisen ihre feinen Farbschuppen. Damit nicht genug sind Nerven- und Gehirnschubstanz vor allem der Wirbeltiere erhalten, die feinsten inneren Organe der Insekten, in Tierkörpern lebende Fliegenmaden — ja sogar Blutfarbstoffe konnten z. B. in den ganzen Schichten durchsetzenden Kotballen von Krokodilen nachgewiesen werden und unter dem Mikroskop zeigte sich in den Zellen der Hautgewebe von Fröschen noch der etwas geschrumpfte protoplasmatische Inhalt samt den Zellkernen (Abb. 38), während in Pflanzenblättern Chlorophyll- (Blattgrün-) körner sichtbar werden. Nicht nur die Umstände der Erhaltung waren besonderer Art, sondern auch die Verhältnisse, die im Bildungsraum der Braunkohle zur Anhäufung von Tierleichen zu großen Leichenfeldern führten. Lieferte doch in Grube Cecilie ein Stück von 160 Geviertmeter gegen 1400 Wirbeltierreste. Aus mancherlei Erwägungen heraus nimmt WEIGELT für die damalige Zeit ein extrem ausgebildetes, nahezu tropisches Wechselklima an, in dem jährlich wiederkehrende Regenperioden und ausgesprochene Trockenzeiten einander ablösten. „Bei Hochwasser ertranken die Tiere des Landes; bei sommerlicher Trockenheit kamen die Bewohner der Altwässer und Resttümpel um“, dazu die aus der wasserarmen, verkarsteten Umgebung des Braunkohlenmoores¹⁾ von weither herüberkommende, hier bodenfremde Tierwelt, unter der die zahlreichen Krokodile leichte Beute fanden, bis sie selbst Opfer der Trockenheit wurden. „Der blütenstaubreiche Pflanzenmoder hüllte die Opfer von Wassernot und Trockenheit am gleichen Ort ein.“

Aber nicht nur das Klima — auch Vorgänge im geologischen Untergrund führten zur Ansammlung von Tierkadavern. Im Untergrund des Geiseltals liegen die überhaupt in Mitteleuropa weit verbreiteten Zechsteinsalze; durch ihre fortschreitende Auslaugung kam es zu Einbrüchen der Überlagerung, es bildeten

¹⁾ Ein Gebiet der Jetztzeit, das Karstlandschaft und weite Sumpfwälder vereint, ist Florida.

sich erdfallähnliche Trichter in der werdenden Kohle, in die zahlreiche Tiere abstürzten, aus denen sie nicht mehr enttrinnen konnten. Solche Erdfälle wurden auf Grube Leonhard aufgedeckt und ausgebeutet. Vor allem die Reste verunglückter Säugetiere liegen hier dicht beisammen. In den Leichenfeldern „treten uns auf engstem Raum Pflanzen und Tiere entgegen, die wir heute weit zerstreut finden, in Afrika, Nordamerika, Asien. Palmen, Feigenbäume und Nadelhölzer bildeten Vegetationszonen. Wie reich die Flora war, zeigen die Blätter, die Samen und die Pollen.“

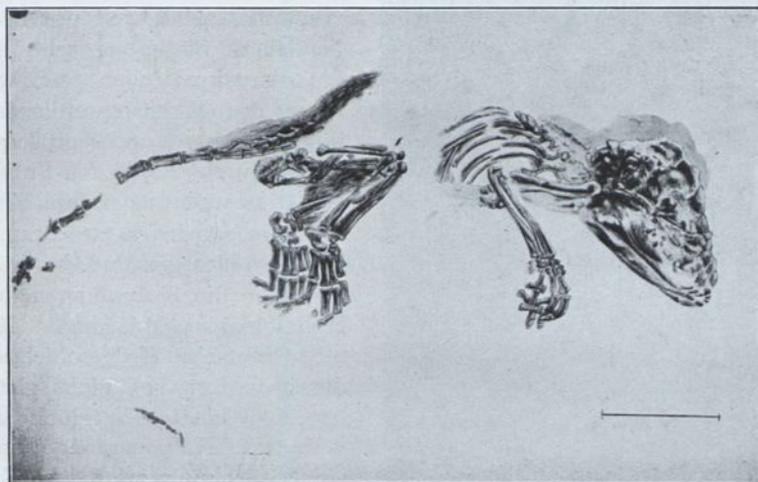


Abb. 39. Der kleine Halbaffe *Ceciliolemur de la saucei* WEIGELT aus der eozänen Braunkohle von Grube Cecilie, Geiseltal. Maßstrich = 1 cm. Nach einer Zeichnung aus dem Geolog. Univ. Inst. Halle.

„Von Tieren finden wir Land- und Wasserschnecken, Insekten, viele Fische, Molche und Frösche, Eidechsen, Schlangen, Krokodile Schildkröten, Vögel und deren Federn, Beuteltiere, Nager, Fledermäuse, Fleischfresser, rüssellose Tapire (*Lophiodon*), vierzehige Vorfahren der Pferde, Urahnen der Schweine und schließlich Halbaffen.“ Zu den häufigsten Fossilien gehören die drei Arten zurechnenden Krokodile, von denen sich auch trüchtige Weibchen und Eigelege, Magensteine und Kotballen finden. Am wertvollsten sind aber die sieben verschiedenen Gattungen angehörenden Halbaffen, eine Tiergruppe, deren Verbreitung heute abgesehen von

kleinen Teilen des afrikanischen Festlands auf Madagaskar beschränkt ist. Unter den entsprechenden Fossilien ist ein winziger Halbaffe als einzigartige Entdeckung besonders hervorzuheben (*Ceciliolemur de la saucei* WEIGELT, Abb. 39); seine Länge mißt nur 7 cm, wovon 3 cm auf den Schwanz entfallen.



Abb. 40. Grabungsarbeit in der Braunkohle innerhalb eines vorzeitlichen Erdfalls. Im Vordergrund in Paraffin eingegossene Funde. Grube Cecilie, Geiseltal.

Aufn. Geolog. Univ. Inst. Halle.

Die großartigen Geiseltalfunde haben unsere systematischen und entwicklungsgeschichtlichen Kenntnisse der vorzeitlichen Tierwelt unerhört bereichert. Sie haben weiterhin die Annahme vom eozänen Alter der Kohle (wenigstens ihres unteren und mittleren Teils) durch *Lophiodon*-Funde bestätigt und uns tiefere Einblicke in das Leben des Braunkohlenwaldes gewährt.

Wer die Sammlungen des Halleschen „Museums für mitteldeutsche Erdgeschichte“ durchwandert, soll nicht glauben, daß hier allein glücklich verkettete Naturvorgänge und ein Entdeckungszufall ihre Ergebnisse vor ihm ausbreiten. Hier wie an anderen ähnlichen Schaustätten naturwissenschaftlicher Forschung sind es ebensogut die Erfolge zielbewußter Forscherarbeit,

verbunden mit dem wohlgedachten „handwerklichen“ Können der Präparatoren. Und letztere hatten keine leichte Arbeit; neue Methoden mußten dafür erst ausgearbeitet und erprobt werden. Ist doch die Kohle von unzähligen Klüften durchsetzt und überaus wasserhaltig; sie zerfällt vielfach schon in der Grube in der Hand, besonders aber später beim Trocknen ebenso wie die sehr hinfalligen Fossilien in kleine Stücke. „Auf die Freilegung der Reste (Abb. 40) erfolgt die Härtung, das Eingießen in Paraffin, darüber das Auflegen einer Gips-

kappe; das Herausnehmen des Restes mit der ihm anhaftenden Kohle, das Bedecken mit Kohlenklein und einer abschließenden Gipskappe. In der Werkstatt wird die mühsame Freilegung der wohl erhaltenen Unterseite vorgenommen. Kleinere Reste werden auf Lackhäute und Filme übertragen.“ Besonders mit dieser letzten Methode wurden einzigartige Dauerpräparate erhalten.

Wo und wie die Grabungen im Geiseltal angesetzt wurden, dafür dienten als Richtlinien die Ergebnisse von Studien WEIGELTS in Texas und Louisiana hinsichtlich des Zustandekommens und des weiteren Schicksals großer Tierleichenanhäufungen und der dabei beobachteten Gesetzmäßigkeiten. Der Erfolg zeigt den Wert solcher „Arbeitshypothesen“ für die Forschung, sofern sie nicht allzu starr aufgefaßt werden, sondern mit dem ausgesprochenen Willen zur Anwendung kommen, sich dem Tatsächlichen bis zur Aufgabe anzupassen. Auch die paläobotanische Braunkohlenforschung wird mehr als bisher nach der Jetztzeit entnommenen geobotanischen Leitideen vorgehen müssen, wenn nicht ein völlig irreführendes Bild der damaligen Vegetationsverhältnisse entstehen soll (vgl. S. 82 ff.).

Angesichts des reichen Geiseltalmaterials mag es als verlockende Aufgabe erscheinen, darnach das zusammenhängende Lebensbild des „Braunkohlenwaldes“ noch weiter auszumalen. Wenn wir hier davon absehen, dann mit dem Hinweis darauf, daß es noch sehr langer und fleißiger Forscherarbeit und nicht zuletzt auch einiger Mittel bedarf, bis das Bild in alle Einzelheiten vervollständigt und geklärt sein wird. Und auch dann wird einer solchen, von den Verhältnissen des Geiseltals abgeleiteten Schau mit Rücksicht auf das weiterhin Gesagte (s. S. 88) nur räumlich und zeitlich ziemlich eng umschlossene Gültigkeit zugesprochen werden können — keineswegs aber Allgemeingeltung für die unter durchaus nicht einheitlichen Einzelbedingungen (was z. T. mit der verschiedenen Altersstellung zusammenhängt!) gebildeten deutschen Braunkohlen im ganzen.

Das zeigt sich bei mancher Ähnlichkeit schon an einer anderen Fundstelle, in der Oberpfälzer Braunkohle, die bedeutend jünger, nämlich obermiozän und schon aus diesem Grunde sehr bemerkenswert ist. Dieses bei Viehhausen (westlich von Regensburg) gelegene Vorkommen wurde in letzter Zeit durch die Arbeiten des Würzburger Geologischen Institutes (WURM, WAPPENSCHMITT) bekannt. Abgesehen von der gegenüber dem Geiseltal durchaus verschiedenen Art des Auftretens, der Einbettung und

Erhaltung der Reste, auf die wir hier nicht näher eingehen können, bietet die Tierwelt selbst trotz ähnlicher Umweltsausprägung wieder andere Erscheinungen. Dafür ist weniger das mindestens zeitweise schon etwas kühlere Klima verantwortlich als ein anderer mit dem bedeutend jüngeren Alter dieser Schichten zusammenhängender Umstand. Während nämlich merkwürdigerweise die Pflanzenwelt innerhalb des Tertiärs und bis auf heute wenig entwicklungsgeschichtliche Fortschritte zu verzeichnen hat, so daß heute noch manche gleichen und viele sehr ähnliche Arten zerstreut in den entsprechenden Klimazonen der Erde vorkommen, vollzog sich in der Tierwelt, besonders im Säugetierstamm, innerhalb der Tertiärzeit von Stufe zu Stufe ein ständiger, nicht näher erklärbarer entwicklungsgeschichtlicher Formenwandel und sie steht der heute noch auf der Erde lebenden Tierwelt mit vielen fremdartigen und altertümlich erscheinenden Zügen gegenüber. Auch in der Viehhausener Kohle — die übrigens im Tiefbau gewonnen wird — findet sich u. a. eine Fauna stehender Gewässer mit Fischen, Schildkröten, Schlangen und Krokodilen, jedoch in anderen Arten als im Geiseltal. Reiher, Kormorane, Enten, Hühner und Fasane hinterließen ihre Reste, Schweine wühlten im Morast, Biber bauten ihre Burgen. Sehr merkwürdige, z. T. (*Dorcatherium*) mit Hauern bewehrte Hirscharten und andere, deren Verwandte heute in SO-Asien leben, sowie dreizehige Pferde (*Anchitherium*) fanden sich an den Tümpeln zur Tränke ein, vor allem aber die auffallenden Erscheinungen einiger Dickhäuter: Elefanten (*Mastodon*), Rhinozeronten und fremdartige, mit großen Krallen ausgestattete Unpaarhufer (*Chalicotherium*), deren junge, unerfahrene Tiere sich unvorsichtig auf dem trügerischen Torfschlamm zu weit vorwagten und in ihm versanken. Bemerkenswert ist auch das Auftreten einer Reihe von Insektenfressern: Spitzmaus, Igel, Maulwurf und Fledermaus waren in besonderen, von den unseren verschiedenen Arten vorhanden. Wie im Geiseltal — so war auch hier die Zufuhr kalkhaltiger Wässer für die Erhaltung der Reste maßgebend; die Viehhausener Kohle liegt unter den Oberpfälzer Lagerstätten als einziges aufgeschlossenes Vorkommen über Jurakalk — die übrigen Kohlen werden von kalkfreien Gesteinen unterlagert und haben denn auch keine derartigen Reste geliefert.

III. Die Entstehung der Braunkohle

A. Boden, Klima und Pflanzenwelt

1. Schwierigkeiten der Klärung. Grundlegende Lösungsversuche

Das Studium der in so reichem Maße in der Braunkohle erhaltenen Pflanzenreste, durch die uns ein beachtlicher Ausschnitt der entsprechenden tertiären Pflanzenwelt bekannt wurde, hatte ein wichtiges Ergebnis: Ganz im Gegensatz zur tertiären Tierwelt, die in fast allen Arten seither auf der Erde „ausgestorben“ ist, kennen wir aus der tertiären Pflanzenwelt neben ausgestorbenen Formen sehr viele, die in gleichen oder nahe verwandten Arten auch heute noch auf der Erde leben. Das ist überaus wichtig für die Aufklärung der näheren Bedingungen der Braunkohlenbildung; denn jede Pflanzenart, noch mehr aber eine aus sich ökologisch¹⁾ ergänzenden Pflanzenarten aufgebaute Pflanzengesellschaft bestimmter Prägung hat ihren wohlumschriebenen „Standort“, ist unter natürlichen Bedingungen in ihrem Auftreten gebunden und physiologisch abgestimmt an bestimmte Verhältnisse der Umwelt, in Boden und Klima. Ist doch die Vielfalt der Bedürfnisse der Weg, auf dem die belebte Natur die bestmögliche Ausnützung des so vielgestaltigen Lebensraums der Erde anstrebt.

Demnach muß es leicht erscheinen, die näheren Bedingungen der Braunkohlenbildung zu klären, denn sie deckten sich ja in einem wesentlichen Teil mit den Lebensverhältnissen der Pflanzenwelt, die diesen Lebensraum besetzt hielt und deren Bedürfnisse wir auf Grund ihrer Übereinstimmung mit noch heute lebenden Nachfahren von der Jetztzeit aus so gut beurteilen können. Es wären die Lebensbedingungen der entsprechenden, noch heute lebenden Pflanzen, vor allem aber auch der von ihnen gebildeten Pflanzenvereine zu erforschen, und wenn wir dazu auch in fremde Länder gehen müssen.

¹⁾ D. h. in ihren Ansprüchen an die Umwelt.

Gleiche Bedürfnisse, gleiche Umwelt auch für die so übereinstimmenden tertiären Vorfahren anzunehmen wäre ein wissenschaftlich berechtigtes und unbedenkliches Verfahren.

Diese Arbeitsweise ist denn auch angewendet worden; wenn trotzdem auch heute noch über die Braunkohlenbildungs-Verhältnisse keine ganz einheitlichen Anschauungen herrschen — oder besser: wenn heute herrschenden Anschauungen beliebig viele Unstimmigkeiten vorgehalten werden können, so ist dies viel mehr in der Betrachtungsweise des menschlichen Geistes als etwa in der Unvollständigkeit des durch die Fossilien erbrachten Belegmaterials begründet. Im Gegenteil — die Schwierigkeiten scheinen mir geradezu aus der Vollständigkeit dieses Materials zu kommen, weil es dem unwillkürlichen Bestreben des menschlichen Geistes, zu vereinfachen, Vielfältiges auf eine Formel zu bringen, widerspricht. Und weil man bisher dem einheitlichen Nenner zuliebe eher vor dieser Grundtatsache der Natur, nämlich der Mannigfaltigkeit ihrer Erscheinungen und Vorgänge, vorübergegangen ist und lieber die jeweilige Deutung der Braunkohlenbildungsverhältnisse, die Umwelt der Braunkohlenvegetation, durch eine Auswahl und Hervorhebung zu vorgefaßten Meinungen passender Erscheinungen unter Vernachlässigung anderer zu stützen versuchte. Es sei betont, daß dieser übrigens im Leben jedes einzelnen alltägliche geistige Vorgang unwillkürlich und daher verständlich ist. Sofern wir die Grundtatsache der wechsellvollen Vielfalt der Naturerscheinungen unbeachtet lassen und an die Erklärung der Bildungsbedingungen der Braunkohle herantreten mit dem Bestreben, von ihnen ein einheitliches, allgemein-gültiges Bild zu gewinnen, verwandelt sich das in jahrzehntelanger emsiger Forschungsarbeit gesammelte und mit sinnreichsten Methoden in unermüdlicher Arbeit bestimmte Fossilmaterial der Braunkohle in ein Gewirr von Widersprüchen.

Die Frage nach dem Klima stößt auf die rätselhafte Tatsache, daß zuweilen in buntem Gemisch die Reste tropischer Pflanzen fossil in engster räumlicher Verbindung vorkommen mit solchen von Gewächsen mehr gemäßigter Zonen; daß also beispielsweise das ein Sequoienholz umschließende Kohlenflöz die Blätter tropischer Gummibäume führt und ein Stück weiter mit Bruchstücken ansehnlicher Palmenstämme aufwartet. Oder daß neben mit Träufelspitzen ausgestatteten Blattformen des tropischen Regenwaldes ausgesprochene Hartlaubtypen auftreten, wie sie für unser relativ trockenes Mittelmeerklima bezeichnend sind. Noch schwieriger erscheint die

Beurteilung der Bodenverhältnisse, deren Kernfrage die ist: Ob die Braunkohlen-Bildungsfelder den Charakter von Mooren (Flachmooren) hatten, oder ob der Boden wesentlich trockener war und mithin andere Vegetationsformen hervorbrachte.

Was sagen uns die Fossilien? Reste ausgesprochener Wasserpflanzen (s. S. 50) und solche von Bäumen, die unter natürlichen Bedingungen auf mindestens stark vernäßtem Boden gedeihen, wenn sie nicht geradezu mitten im Wasser stehen (*Nyssa*, *Glyptostrobus* u. a.) und damit zusammen und fast noch reichlicher die Reste von Bäumen und Sträuchern wie die der kalifornischen Mammutbäume, die unter solchen Bedingungen anscheinend kaum gedeihen könnten, für die vielmehr wesentlich trockenere Bedingungen Lebensbedürfnis zu sein scheinen.

Wahrhaft ein Knäuel von Widersprüchen und unentwirrbar, wenn man darauf besteht, die Dinge auf einen einheitlichen Nenner bringen zu wollen. Man ist in diesem Fall zur Heranziehung z. T. sehr gewagter Hilfhypothesen genötigt; also etwa, daß die Bedürfnisse von Pflanzenarten sich seit dem Tertiär wesentlich geändert hätten. Oder daß Pflanzenreste aus orographisch höher gelegenen und durch ein kühleres Klima ausgezeichneten Teilen mit gleichfalls abweichenden Bodenverhältnissen eingeschwemmt worden seien. Betrachten wir kurz die bisherigen Lösungsversuche in ihren zwei Hauptvertretern!

I. Die „Swamp-Theorie“ POTONIÉS

HENRY POTONIÉ hat das Verdienst, die Frage nach den Bedingungen der Ablagerung u. a. von Braunkohlentorf und der Kohlenbildung überhaupt erst recht in Fluß gebracht zu haben: Durch Schaffung einer geeigneten Namengebung, durch unermüdliche Beobachtung heutiger Torfbildungsvorgänge — und auch durch gedankliche Konstruktionen, die für den Weitergang der Forschung vielfach fördernd, zuweilen hindernd waren.

Daß die Braunkohlenvegetation Moorcharakter hatte, war für ihn schließlich keine Frage, sondern eine logische Folgerung aus dem in der Geologie herrschenden Aktualitätsprinzip¹⁾. Wo bilden sich heute noch größere, mindestens mehrere Meter mächtige

¹⁾ Aktualitätsprinzip: Die Überzeugung, daß die in der Vorzeit tätigen Kräfte ihrem Wesen nach die gleichen waren wie in der Gegenwart, wenn sie auch zeitweise zu gesteigertem Einsatz gekommen sein mögen; durch

und erhaltungsfähige Anhäufungen pflanzlicher Reste? Nur in Mooren — war seine Antwort. Hochmoore scheiden im Hinblick auf den Charakter der fossilen Flora und aus geologisch-ökologischen Gründen weitgehend aus, also war er vom Niederungs- (Flach-) moorcharakter des „Braunkohlenwaldes“ überzeugt. Als sich viele der Braunkohlenhölzer bei näherer Untersuchung als Holz der Sumpfzypresse (*Taxodium distichum*) zu erweisen schienen, glaubte er auch die rezente, noch heute vorkommende Erscheinungsform gefunden zu haben: In den mit Sumpfzypressen bestandenen Waldsümpfen (Cypress swamps) Atlantisch-Nordamerikas, eines Gebietes, wo auch noch eine Reihe anderer, uns fossil aus der Braunkohle bekannter Pflanzen heute noch leben und auf das früher schon LYELL hingewiesen hatte. Eine anschauliche Schilderung des Lebens in diesen Waldsümpfen hat letzthin R. H. FRANCÉ in einem jedermann leicht zugänglichen Kosmosbändchen gegeben. Auch JOHANNES WALTHER veröffentlichte jüngst Ergebnisse entsprechender, an Ort und Stelle vorgenommener Studien. Die Cypress swamps erstrecken sich durch klimatisch etwas verschiedenartige Bereiche von Virginien über Carolina usw. bis nach Florida und an den Unterlauf des Mississippi; in den beiden letztgenannten Gebieten sind sie besonders eindrucksvoll ausgebildet. Sumpfzypressen, feuchtigkeitsliebende Kiefernarten, Weißzeder (*Chamaecyparis*), Tupelo (*Nyssa*), *Liquidambar*, Eichen, zuweilen anscheinend sogar auch der Tulpenbaum (*Liriodendron*) sind unter den Baumformen ihrer im übrigen unübersehbar reichen und mit dem verschiedenen Klima wechselnden Flora hervorzuheben, für deren Bild im Süden (Florida, Mississippi) auch reichlich auftretende Palmen (*Sabal* u. a.) recht bestimmend werden.

II. Die „Trockentorftheorie“

Die lange Zeit hindurch unbestrittene Gültigkeit der Swamptheorie schien in ihren Grundlagen erschüttert, als sich durch die Untersuchungen vor allem von GOTHAN, KRÄUSEL, KUBART u. a., deren Voraussetzung der durch GOTHANS Untersuchungen geförderte Ausbau unserer holzanatomischen Kenntnisse war, die Tatsache ergab, daß die meisten Hölzer der mitteleuropäischen Braunkohle

Summierung ihrer geologische Zeiträume hindurch andauernden Äußerungen wurden große Wirkungen erzielt — nicht durch einmalige große Umwälzungen (Katastrophen).

gar nicht der Sumpfyzypresse angehören, sondern anderen, unter wesentlich trockneren Bedingungen¹⁾ lebenden Bäumen. Unter ihnen nimmt *Taxodioxylon sequoianum* die erste Stelle ein, das Holz der heute in Kalifornien lebenden *Sequoia sempervirens*. Aber auch den noch immer unbestreitbaren Taxodienhölzern suchte man



Abb. 41. *Sequoia sempervirens* ENDL. Oben männliche und weibliche Blüten, unten Zweig mit Zapfen, rechts Winterknospen. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. Nach SARGENT.

¹⁾ Die Übertragung der heutigen Standortsverhältnisse von *Sequoia sempervirens* auf ihre Vorkommen im Tertiär scheint mir allerdings gerade in diesem Fall nicht unbedingt stichhaltig und für die weiteren Folgerungen beweisend zu sein. Gerade manche Nadelbäume sind sehr weitherzig in ihren Umweltsansprüchen und kommen unter sehr verschiedenen Bedingungen vor. *Sequoia* gehört nun zu denjenigen Tertiärpflanzen, die in ihrem Vorkommen heute rein geographisch auf ein kleines Verbreitungsgebiet be-

ihren Wert für die Begründung der Swamptheorie zu nehmen, da sich aus dem Fehlen von Atemwurzeln und aus anatomischen, allerdings nur in Ausnahmefällen erhaltenen und beobachteten Merkmalen die Zugehörigkeit zu dem ebenfalls „trockeneren“ *Taxodium mexicanum* wahrscheinlich machen ließ. Damit war anscheinend wieder der Weg zu einem anderen „einheitlichen Nenner“ geebnet — die Braunkohle sollte sich als Rohhumus am Grund von Wäldern gebildet haben, die zwar nicht ganz so trocken zu denken waren, als der im Kampf gegen die Swamptheorie geprägte, auch nach Ansicht der Autoren etwas übertriebene Ausdruck „Trockentorf“ Außenstehende vermuten lassen konnte, aber keinesfalls Waldsumpfmoorcharakter hatten. Im übrigen muß auch diese Theorie, um die Erhaltungsfähigkeit des gebildeten Torfs zu erklären, seine baldige Versenkung unter den Grundwasserspiegel annehmen. Das ist eine ihrer Schwächen; ein allzu genau abgewogenes Spiel förmlich mechanisch auf den Betrag der Torfbildung abgestimmter Bodensenkungen wird hier angenommen, wenn die Gleichartigkeit der Bedingungen von längerer Dauer sein soll (vgl. S. 85ff.).

2. Wechsel und Wandel im Braunkohlenmoor

Die zu beiden, eben kurz umrissenen Anschauungen führenden Untersuchungen und Gedankengänge waren — jede für sich und auch in ihrem Widerstreit — für den wissenschaftlichen Fortschritt überaus fruchtbar. Sie haben unsere Einzelkenntnisse erweitert und auf wichtige Möglichkeiten hingewiesen. Ihre Fehler liegen lediglich in der Ausschließlichkeit ihrer Folgerungen.

Wir haben die weiterhin begründete Überzeugung, daß sowohl die Bedingungen wie die den Bildungsraum der Braunkohle beherrschende Pflanzenwelt wechselnd waren auch in ihrem Gesamtbild

schränkt sind (Abb. 55). Es ist denkbar, daß dort nur ein Teil jener Bedingungen verwirklicht ist, unter denen sie insgesamt gedeihen könnte und früher bei ihrer weiten tertiären Verbreitung vielleicht auch gedieh. Ein Beispiel soll das erläutern: Wenn unsere gewöhnliche Waldföhre (*Pinus silvestris*) aus genetisch-pflanzengeographischen Gründen heute in ähnlicher Weise auf ein eng begrenztes Gebiet beschränkt wäre, etwa auf die besonnten und trockenen Felshänge eines unserer Mittelgebirge — wer würde wohl auf den Gedanken kommen, daß sie von sich aus auch auf Mooren gedeihen kann, wie es tatsächlich der Fall ist? Nur mit Vorbehalt verwerten wir bei unseren weiteren Gedankengängen die Annahme, daß *Sequoia* auch im Tertiär ein „trockener“ Baum war!

— und daß neben den beiden erwähnten Möglichkeiten in gesetzmäßigem Wandel noch andere verwirklicht wurden. Freilich dürfte die Bedeutung dieser verschiedenen Bedingungen und der ihnen entsprechenden Pflanzengesellschaften für die Kohlenbildung selbst durchaus ungleichwertig gewesen sein.

TEUMER war der erste, ja eigentlich der einzige, welcher in geradezu klassischen Untersuchungen an Niederlausitzer Flözprofilen und Stubbenhorizonten gerade diesen Wandel in der Beschaffenheit des „Braunkohlenmoors“ zu erweisen suchte. Seine Arbeit wird zuweilen der Vollständigkeit halber genannt; wenn aber heute noch immer in Veröffentlichungen das Bestreben wiederkehrt, eine einzelne bestimmte Pflanzengemeinschaft als maßgeblich für die Braunkohlenbildung ausfindig zu machen, so zeigt sich, daß gerade TEUMERS wesentlichste Ergebnisse unverstanden, mindestens aber ohne größere Wirkung geblieben sind, vielleicht wegen ihrer z. T. rein geobotanischen und dem Geologen ferner liegenden Voraussetzungen, oder vielleicht hält man sie auch für einen nur vereinzelt gegebenen Ausnahmefall.

Die hier folgende Darstellung der Verhältnisse im Bildungsraum der Braunkohle knüpft — unter Verwertung aller allgemein anerkannten sonstigen Forschungsergebnisse — in vielem an TEUMERS Gedanken an, sucht sie aber auch auf eigenen Wegen zu ergänzen und weiter zu führen.

Wenn wir zunächst auf das Klima der braunkohlenbildenden Zeiträume eingehen, dann deshalb, weil die Art der tertiären Pflanzenwelt und ihre Wandlungen z. T. nur unter dem Gesichtspunkt bestimmter klimatischer Verhältnisse verständlich sind. Oder umgekehrt: Die fossile Pflanzenwelt liefert die eindrucksvollsten und besten Zeugnisse für die Gegebenheiten und Wandlungen des tertiären Klimas. Gummibäume, gewaltige Palmen, immergrüne Zimt- und Lorbeerbäume und viele andere Gewächse, deren hohe Wärmeansprüche wir aus der Jetztzeit kennen, weisen im Verein darauf hin, daß das tropische Idealklima der vorhergegangenen Kreidezeit in der ersten Hälfte des Tertiärs (Eozän + Oligozän) noch nachwirkte; vielleicht war schon die Oligozänzeit nicht mehr ganz so warm, sicher aber ist im Miozän vor allem im Norden und Osten Deutschlands ein deutliches Abklingen der Temperaturen zu spüren. Der Anteil an ausgesprochen wärmeliebenden Pflanzenarten hat sich sehr vermindert; wohl kommen auch hier noch vielfach Palmen, Zimt- und Lorbeergewächse vor — andere

Fossilien aber wie die Reste der das „Affenhaar“ liefernden Gummibäume fehlen bereits und immer stärker wird auch die Einmischung von Pflanzen gemäßigten Klimas. Sie gewinnen im nächsten und letzten Abschnitt der Tertiärzeit, im Pliozän, völlig die Oberhand — und am Ausgang des Pliozäns dürfte das Klima dem heute bei uns herrschenden sehr ähnlich, ja z. T. schon etwas kühler gewesen sein. Wir wissen, daß diese Klimaverschlechterung noch weiterging: Auf das Pliozän folgte das Diluvium, die Eiszeit, in der sich große Teile Deutschlands mit gewaltigen, von Skandinavien her sich nach Süden (u. W) schiebenden Inlandeis-Massen bedeckten. Im ganzen genommen bildet also das sich fortdauernd verschlechternde Tertiärklima die Brücke vom Tropenklima der Kreidezeit bis zu den Tiefemperaturen der Eiszeit. Das sind die großen Züge; im einzelnen wird es wohl so gewesen sein, daß auch im gleichen Zeitabschnitt die Klimabedingungen nicht in allen Gegenden Deutschlands die gleichen waren. Die geographische Lage, also beispielsweise die Entfernung vom Meer und die Lage zu Gebirgen haben sicher auch schon damals ähnliche Unterschiede innerhalb Deutschlands bedingt wie heute. Wir kennen übrigens dafür auch innerhalb der Braunkohlenflora bestimmte Anzeichen, die allerdings solange nicht als völlig beweisend angesehen werden können, als die genaue Altersstellung großer Braunkohlenvorkommen im Osten und im Westen Deutschlands im ganzen wie im einzelnen unzureichend geklärt ist.

Wenn auch die Gesamtzüge der tertiären Klimaverhältnisse und -wandlungen gerade durch die fossile Pflanzenwelt der Braunkohlen und ihrer Begleitschichten erwiesen sind und keinem Meinungsstreit mehr unterliegen, so harren doch noch gar nicht so unwichtige Einzelheiten näherer Aufklärung. Einer der durch die Pflanzenwelt selbst gegebenen und bei schematisierender einseitiger Betrachtungsweise unlösbar erscheinenden Widersprüche ist das scheinbare Zusammenvorkommen von Pflanzen mit sehr hohen (Eozän!) oder doch beträchtlichen (Miozän!) Wärmeansprüchen mit Arten, die wieder auf ein ausgesprochen gemäßigttes Klima hinweisen; so ist es schon im Eozän und Oligozän, deutlicher noch im Miozän. Zur Erklärung dieser Tatsache haben einzelne Autoren wie erwähnt an Einschwemmungen von Pflanzenteilen aus höher gelegenen, also klimatisch-kühleren Gebieten in das Braunkohlenmoor gedacht. Indessen waren die in Betracht kommenden „höher gelegenen Teile“, also Gebirge (der Unterschied in den Klimaansprüchen der betreffenden Pflanzen entspreche z. T. immerhin beträchtlichen Höhen-

unterschieden!) manchmal gar nicht vorhanden. Ferner ist ein derart weiter Transport, der auch noch ein erhebliches Gefälle voraussetzt, ohne beträchtliche Einschwemmungen anorganischen Materials (Sand, Kies, Ton) kaum denkbar. Trotzdem steckt in diesem Gedanken in gewissem Sinn ein annehmbarer Kern: Diese so verschiedenartigen, in fossilem Zustand auf verhältnismäßig engen Raum zusammengedrängten Pflanzenreste mögen dann aber nicht gleichzeitig neben- und übereinander verwirklichten Klimazonen entstammen, sondern nacheinander sich ablösenden Klimaperioden; ihr Auftreten wäre demnach nicht örtlich, sondern zeitlich verschieden zu denken.

Diese Meinung setzt die Annahme voraus, daß die Klimaentwicklung in der Tertiärzeit (eines nach Jahrmillionen zählenden geologischen Zeitraums) in ihrem typischen Abklingen der Temperaturen sich nicht gleichmäßig-fortlaufend (kontinuierlich) vollzog, sondern „oszillierend“, in fortgesetzt kleinen, ihrer Dauer nach nur nach Jahrhunderten oder 1 bis 2 Jahrtausenden zählenden Schwankungen, deren Gesamtablauf uns als glatt sinkende Kurve nur erscheint. Diese Annahme läßt sich wahrscheinlich machen durch den uns ziemlich genau bekannten Klimaablauf in der immerhin nur nach Jahrtausenden zählenden weiteren geologischen Gegenwart, vom Beginn der Eiszeit bis zu ihrem Ende (Interglazialzeiten!), vor allem aber weiterhin durch die Nacheiszeit (Postglazial) bis auf heute. Wenn hier der Gang der Entwicklung durchaus jenem oszillierenden Typ entsprach, so läßt sich das auch für die Tertiärzeit zum mindesten nicht ablehnen, da schon durch das Heranrücken der Eiszeit, durch gebirgsbildende Vorgänge und durch das für das europäische Tertiär bezeichnende Schwanken der Küstenlinien, also Land-See-Verschiebungen, Voraussetzungen für einen solchen auf und niederschwankenden Klimacharakter gegeben waren. Und das räumlich so eng benachbarte Zusammenvorkommen der Fossilien? Was wissen wir über die mindestens nach Jahrhunderten messende Länge der Zeit, die zur Bildung einer einzigen Kohlenbank, bzw. der ihr entsprechenden, viel mächtigeren (S. 92!) Urtorfschicht nötig war? Alle möglichen Wandlungen des Klimas und dadurch bedingte Verschiebungen in der Pflanzenwelt können darüber sich abgespielt haben; ja vielleicht waren es Jahrtausende, da sich auch die Bildung der Braunkohle nicht immer gleichmäßig fortschreitend vollzogen hat, sondern wohl oft genug durch Sedimentationslücken unterbrochen war, während derer die Torfablagerung durch ver-

schiedene, weiterhin zu erläuternde Vorgänge wie langandauernde tiefe Wasserbedeckung oder Trockenzeiten (s. unten!) verzögert oder ganz zum Stillstand gekommen sein mag!

Noch einige weitere Bemerkungen über das Klima! Zu seinen für die Pflanzenwelt eines Gebiets mitbestimmenden Gegebenheiten zählt nicht nur die Höhe der mittleren Jahrestemperaturen, sondern auch ihre Verteilung über das Jahr hin — und vor allem die Menge und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge. Auch Änderungen und Verschiedenheiten solcher Verhältnisse werden die braunkohlenbildende Pflanzenwelt in ihrer artlichen Zusammensetzung beeinflusst haben.

Nicht aber ihr jeweiliges Gesamtbild (Vegetation)! Diese Pflanzenwelt lebte sicher in weit engerer Abhängigkeit vom Grundwasser, welches erst ihre Üppigkeit ermöglichte. Im übrigen mögen die durch so reichen Pflanzenwuchs ausgezeichneten bodenfeuchten Niederungen ihr eigenes Lokalklima besessen haben, das zuweilen sogar in ziemlichem Gegensatz zu dem über die weiteren Gebiete ihrer Umgebung herrschenden Gesamtklima gestanden zu sein scheint. Andeutungen dafür liefert uns manchmal der Charakter der in der Braunkohle ausnahmsweise erhaltenen Tierwelt (Geiseltal, Oberpfalz!). Da das Tier ja im Gegensatz zur Pflanze die Fähigkeit willkürlicher Ortsveränderung besitzt, finden sich hier nicht nur Reste von im engsten Sinn bodenständigen, also im Braunkohlenmoor lebenden Tieren (Krokodile!), sondern auch die solcher Arten, welche aus der weiteren Umgebung nach der wasserreichen Niederung zur Tränke kamen (Pferde!). Unter ihnen finden sich nun Formen, die das Vorhandensein von trockenheitsbedingter Steppe (im weitesten Sinn!) in der umgebenden Landschaft andeuten.

So wichtig nun aber auch das Klima besonders im Hinblick auf die mittleren Jahrestemperaturen und die Wärmeverteilung über das Jahr hin für die besondere Artzusammensetzung der Pflanzenwelt gewesen sein mag — die Braunkohlenbildung selbst ist entgegen weitverbreiteten Meinungen keineswegs an besondere Klimawärme gebunden, sondern von ihr nur insofern abhängig, als die mittleren Jahrestemperaturen die Möglichkeit des nötigen reichen Pflanzenwuchses nicht überhaupt ausschließen. Braunkohlenbildung ist also auch in einem durchaus gemäßigten Klima möglich (Pliozän!).

Braunkohlenbildung ist überhaupt weniger vom Klima, weit mehr von den Formen, dem Bewässerungszustand des Bodens und den in ihm wirksamen geologischen Vorgängen abhängig (vgl. S. 81, 92).

Einerlei, ob man sich die Vegetation der Braunkohlenbildungsfelder als wenigstens zeitweise baumbestandene Flachmoore vorstellt oder als weite, weniger feuchte Wälder — darüber herrscht Einigkeit, daß für ihr Dasein wie für die Erhaltung des gebildeten Torfs das Grundwasser eine entscheidende Rolle spielte. Voraussetzung für die Entstehung eines Braunkohlenbildungsfeldes war damit die Herausbildung weiter flacher Hohlformen des Bodens durch Erosion, mehr noch durch tektonische Vorgänge, durch Senkungserscheinungen. Diese Senkungserscheinungen blieben auch weiterhin die Vorbedingung für Ablagerung und Erhaltungsfähigkeit größerer Torfanhäufungen. Dem Wachstum der in einem Flach- (Niederungs-)moor zur Ablagerung kommenden Torfschichten ist bei ruhendem Boden eine natürliche Grenze von wenigen Metern gesetzt, nämlich dann, wenn der Boden sich durch die Ablagerung von Pflanzensubstanz so weit über das Grundwasser aufgehöhht hat, daß er nicht mehr kapillar von seiner Feuchtigkeit durchtränkt wird. Die anfallenden Pflanzenreste werden nicht mehr durch die Feuchtigkeitsdurchtränkung vom Luftsauerstoff abgeschlossen und die Zersetzungs Vorgänge halten weiterhin gleichen Schritt mit der Anhäufung von Pflanzensubstanz (vgl. S. 2ff.).

Die Vorbedingung für die Bildung von Torfschichten, welche einem Braunkohlenflöz von auch nur einigen Metern Mächtigkeit — und nun gar erst solchen von über hundert Meter Mächtigkeit! — entsprechen, ist also fortdauernde Senkung des Bodens, durch die die Pflanzenreste immer wieder in den Grundwasserbereich gelangen und vor Zersetzung bewahrt bleiben. Das gilt nicht nur für Flachmoore, sondern auch für Trockentorfbildungen; sie können sich ebenfalls nur bei andauernder Versenkung in vernäßte Zonen zu größerer Mächtigkeit anhäufen.

Welcher Art war nun der „Braunkohlenwald“? Sumpfiger Bruchwald nach Art unserer europäischen Erlenbrücher und der amerikanischen Zypressensümpfe — oder ein auf wesentlich trocknerem Boden stockender Mischwaldtyp mit Rohhumusbildung? Eine solche Fragestellung wäre irreführend. Sie nimmt nämlich in vorgefaßter Weise bereits einen wichtigen Teil der Antwort vorweg; sie beruht auf der erst zu beweisenden Voraussetzung, daß der Braunkohlentorf durchweg von Wald geliefert worden sei — und glaubt an die Möglichkeit, daß ein Waldtyp viele Jahrtausende hindurch trotz Bodensenkungen und damit verbundenen Grundwasserschwankungen und trotz klimatischer Änderungen in gleicher

Weise fortbestehen konnte. Wie kommt man überhaupt zu der heute so verbreiteten Vorstellung vom Braunkohlenwald als Braunkohlenbildner, die so eingewurzelt zu sein scheint, daß an andere Möglichkeiten kaum gedacht wird?

Man findet seine Reste: Stämme, zu ganzen Waldböden geordnete Stümpfe, überhaupt Hölzer sind ja die auffallendsten und häufigsten Fossilien der Braunkohle. Gewiß, der Braunkohlenwald war einst wirklich da. Aber daraus folgt noch nicht, daß er immer da war und daß er der einzige maßgebliche Torfbildner gewesen sei — und schließlich, daß er immer den gleichen Charakter, dieselbe ökologische Wertigkeit (Sumpfwald, trockener Wald usw.) gehabt hat.

Daß der oder ein Typus des Braunkohlenwaldes für die Torfbildung allein maßgeblich war, ist eine auf das Vorkommen auffallender Reste gegründete Schlußfolgerung; sie scheint mir als allgemeingültige Formel genau so irrtümlich zu sein wie etwa eine auf das fast alleinige Vorkommen von Koniferenhölzern (S. 39) gegründete Folgerung, daß am Aufbau dieses Waldes nur Nadelbäume Anteil gehabt hätten. Wir müssen mit der Möglichkeit rechnen, daß an der Torfbildung nicht nur baumführende Pflanzengesellschaften teilnahmen, sondern ebenso auch baumlose, mehr aus krautigen Pflanzen aufgebaute Vor- und Zwischenstufen. Sie hatten eben nur nicht die Möglichkeit, so reichlich auffallende und struierte Reste zu hinterlassen wie die baumführenden Pflanzenvereine, weil die krautige Pflanzenwelt auf dem Wege vom Torf zur Braunkohle naturgemäß zwar in der Substanz, aber nicht der Form und Struktur nach erhaltungsfähig ist.

Die Bildung des Braunkohlentorfs kann nicht einer einzelnen Pflanzengesellschaft allein zugeschrieben werden, weil bei dem Ineinandergreifen, dem Wechselspiel von Bodenaufhöhung durch Torfanhäufung einerseits — den Grundwasserspiegelschwankungen bewirkenden Bodensenkungen andererseits das dauernde Beharren eines einzelnen Vegetationstypus bestimmter Prägung undenkbar ist — es sei denn, daß wir zu der abwegigen Annahme greifen, daß Bodensenkung und Torfbildung in ihren Beträgen förmlich feinmechanisch aufeinander abgestimmt gewesen wären, derart, daß immer die gleichen Bodenverhältnisse hinsichtlich des Bewässerungsgrades als Vorbedingung des Sichgleichbleibens der darauf siedelnden Vegetation erhalten blieben.

Den Schlüssel zum Verständnis gegenüber dem Bildungsproblem des Braunkohlentorfs, welches durch so viele anscheinende Wider-

sprüche in den Aussagen des Fossilmaterials verwickelt erscheint, gibt m. E. nur die Verwertung von Ergebnissen der ökologisch-soziologischen Pflanzengeographie unter Mitberücksichtigung der Beweglichkeit des Bodens. Die hier wichtigen pflanzengeographischen Tatsachen gruppieren sich um die Lehre von der Gesellschaftsfolge, der Sukzession. Sie zeigt, daß Neuland nicht sofort von einer Pflanzengemeinschaft besiedelt wird, die etwas Endgültig-Beständiges ist; vielmehr kommt es zunächst zu einem gesetzmäßigen Wechsel, in dem ein Pflanzenverein dem andern den Boden und die Bedingungen bereitet, von ihm abgelöst wird und so fort, bis es zur Besitzergreifung durch eine endgültig-dauernde Pflanzengemeinschaft („Schlußverein“) kommt, die bei nunmehr gleichbleibenden Bodenbedingungen weiterhin Bestand hat; dieses Endstadium ist z. B. in unserem Gebiet im allgemeinen ein dem jeweiligen Klima in der Zusammensetzung angepaßter Hochwald.

Da die allgemeinen Züge dieser Gesellschaftsfolge naturgesetzlich sind, muß sich auch in der Pflanzenwelt der Braunkohlenbildungsfelder Entwicklung und Wechsel abgespielt haben.

Diese Überlegung führt zu folgenden Vorstellungen: Durch erosive oder tektonische, ausnahmsweise auch durch andere Vorgänge entstanden ausgedehnte flache Landsenken; soweit der Boden dabei bis unter den Grundwasserspiegel sank, kam es zur Bildung weiter flacher Gewässer, in denen sich zunächst eine reiche Kleinlebewelt im Wasser schwebender Tiere und Pflanzen („Plankton“) entwickelte; unter den Pflanzen mögen vor allem die Kieselalgen (Diatomeen) in ungeheurer Anzahl vertreten gewesen sein. Die Reste dieser Lebewelt, zu der sich später noch allerlei Insekten, Fische, Lurche usw. gesellten, häuften sich am Grund der Gewässer zu Faulschlammbildungen (Dysodil, Sapropel, vgl. S. 4) an, wie wir sie auch fossil am Grunde mancher Braunkohlenablagerungen als Kieselgur und Dysodil oder Pappendeckelkohle (S. 24) antreffen¹⁾. Durch Ablagerung der Faulschlammsschichten sowie der Reste einer schließlich zur Entfaltung gekommenen reichen Vegetation höher organisierter, schwimmender, schließlich auch wurzelnder

¹⁾ Wenn viele, ja die meisten Braunkohlen nicht mit einer derartigen sapropelitischen Lage beginnen, sondern mit einem Wurzelboden (Ton, mit Wurzeln durchsetzt), so ist zu bedenken, daß Braunkohlenablagerungen keinesfalls mit der Verlandung offener Gewässer begonnen haben müssen, sondern der Zyklus auch mit einem späteren Stadium — je nach dem Vernässungsgrad des Bodens — eingesetzt haben kann.

Wasserpflanzen wurde das Gewässer immer flacher. Röhrichtbildungen mit Vorpostenbeständen wurzelnder Wasserpflanzen rückten als Verlandungsgürtel vom Ufer her immer weiter gegen die Seenmitte vor, bis die freie Wasserfläche erblindete und an ihrer Stelle sich ein zunächst baumloses Niederungs- (Flach-)moor aus Riedgräsern, bestimmten Moosen und anderen ökologisch zugehörigen und gleichwertigen Pflanzen unter Bildung ansehnlicher Riedtorfschichten ausbreitete. Dieses baumlose, noch immer sehr nasse Moor¹⁾ wurde schließlich — wieder in konzentrisch vorrückenden Gürteln — von Gehölz besiedelt, es entstand auf ihm ein „Bruch-



Abb. 42. Freigelegtes Wurzelwerk eines Nadelbaums an der Flözoberfläche. Welzow, N.-L. Der Wurzelstern streicht flach in der oberen Bodenschicht, den vernäbten und sauerstoffarmen Unterschichten des ehemaligen Moors ausweichend. Gleiches Verhalten zeigt in unsern Mooren die sonst tiefe Pfahlwurzeln absenkende Kiefer. Aufn. Eintracht A.-G.

wald“, der in Anbetracht der im Tertiär daran beteiligten Bäume tatsächlich große Ähnlichkeit mit den nordamerikanischen Cypress swamps gehabt haben muß; von ihm wurde eine mehr minder ansehnliche Schicht holzdurchsetzten Waldtorfs abgelagert. Dadurch wurde der Boden weiter aufgehöhht und trockener. Der Bruchwald wurde nunmehr durch einen den veränderten Bodenbedingungen angepaßten Mischwald aus Laub- und Nadelhölzern mit reichem Unterwuchs an Gesträuch, an krautigen Pflanzen und sicherlich auch an Moosen abgelöst. Da wir anzunehmen haben, daß in ihm

¹⁾ Es dürfte zu Zeiten den weiten baumfreien Riedflächen der Everglades-Sümpfe Floridas ähnlich gewesen sein.

jene „trockenen“¹⁾ Bäume lebten, deren hervorragendster Vertreter die *Sequoia sempervirens* (fossil: *S. langsdorffi*, als Holz *Taxodioxyton sequoianum*) war, soll er weiterhin als „*Sequoia*-Mischwald“ bezeichnet werden. Seine Reste kamen bei ruhendem Boden nicht mehr in den Feuchtigkeitsbereich des Grundwassers; mit der Torfbildung hatte nun auch die Bodenaufhöhung aufgehört; da mithin die physikalischen Bodenverhältnisse, insbesondere der Bewässerungsgrad, keine Änderung mehr erfuhren, war der nunmehr angesiedelte Wald von Dauer, er stellte das Endstadium der Gesellschaftsfolge, den Schlußverein dar; die insgesamt zustande gekommenen Torfschichten wären indessen in ihrer geringen Stärke von wenigen Metern höchstens zur Bildung eines geringmächtigen Braunkohlenflözes befähigt gewesen.

So mag sich die Entwicklung auf ruhendem Boden vollzogen haben. Nun sind aber zur Vervollständigung des Bildes vom wirklichen Ablauf zunächst die langsamen und fortdauernden, dann auch noch die ruckweisen („instantanen“) Senkungsvorgänge in Rechnung zu stellen. Erstere störten den geschilderten Gang der Gesellschaftsfolge mindestens im Sinne einer Verzögerung, mögen oft aber auch ihren Ablauf geradezu verkehrt haben. Wir wollen einige der denkbaren Möglichkeiten anführen:

Trafen die langsamen Senkungsvorgänge eine torfbildende Pflanzengemeinschaft wie Riedmoor oder Bruchwald an, so wurde deren Lebensdauer verlängert; die durch sie gebildeten Torfschichten wuchsen zu immer größerer Mächtigkeit an. Fanden die langsamen Senkungsvorgänge aber den Schlußverein des *Sequoia*-Mischwaldes vor, dann wurde er durch Bodenvernässung zum Verkümmern gebracht und in ein torfbildendes Stadium, beispielsweise den Bruchwald, zurückgeführt. War der Betrag der Bodensenkung geringer als die durch Torfbildung bewirkte Aufhöhung des Bodens, dann wurde die Gesellschaftsfolge lediglich verlangsamt und konnte sich schließlich doch bis zum Bruchwald durchsetzen, während es zur Entwicklung des *Sequoia*-Typs nicht kommen konnte. Hielt die Senkung mit der Bodenerhöhung zeitweise gleichen Schritt, konnte sich die jeweils vorhandene Pflanzengesellschaft über diesen Zeitraum gleichbleibend erhalten. Überflügelte aber die Senkung die

¹⁾ Vgl. Fußnote auf S. 75.

Bodenaufhöhung, mußte es zu verkehrter, zu rückläufiger Sukzession bis herab zum offenen Gewässer kommen!

Alle diese Fälle mögen örtlich und zeitweise verwirklicht gewesen sein. Aus der geschilderten Entwicklung ergibt sich, daß an der Torfbildung wesentlich beteiligt vor allem das baumlose Stadium des „Riedmoors“ und das baumführende des swampartigen Bruchwaldes¹⁾ mit allen ihren Zwischenstufen waren, während das relativ bodentrockene Endstadium des *Sequoia*-Mischwalds wenig dazu beitragen konnte. Ja, es konnte hier sogar zur oberflächlichen Zersetzung bereits gebildeter Torfschichten kommen.

Wie kommt es dann aber, daß gerade seine Reste sich in der Braunkohle so überaus deutlich erhalten haben, derart, daß er als der eigentlich-torfbildende „Braunkohlenwald“ angesehen werden konnte? Es ist sichergestellt, daß die Bodensenkungen in den Braunkohlenbildungs-Gebieten nicht nur den Charakter langandauernden, langsamen Absinkens hatten, sondern daß es auch zu kurzfristigen „instantanen“ Senkungen kam, die plötzlich und ruckartig den Grundwasserspiegel beträchtlich erhöhten. Die geologisch erwiesene Tatsache dieser Art von Senkungen könnte man mit einem vorhergehenden Aufhören, einem förmlichen Stauen der langsamen Bodenbewegungen erklären, deren versäumter Betrag nunmehr plötzlich nachgeholt wurde. Indessen ist eine solche Annahme, die erst näher belegt werden müßte, keine unbedingte Voraussetzung für unsere weiteren Gedankengänge.

Diese instantanen Senkungen konnten zu einem derart beträchtlichen Gefälle zwischen dem Braunkohlenmoor und seiner Umgebung führen, daß die Torfschichten durch eindringende Gewässer mit mineralischen Sedimenten (Sand, Ton) bedeckt wurden und die

¹⁾ Diese Feststellung mag durchaus als Ehrenrettung eines wesentlichen Teils der Gedankengänge von H. POTONÉ (S. 73) aufgefaßt werden. Ich zweifle nicht daran, daß die heutigen Swamps der Südstaaten der Union (und Mexikos) den tertiären Bruchwäldern ähnlich sind und bei gewissen Vorbehalten (s. S. 106) Vergleichsmöglichkeiten auch hinsichtlich ihrer floristischen Zusammensetzung gewähren. Andererseits muß betont werden, daß es sich hier nur um ein einzelnes, allerdings für die Braunkohlenbildung wichtiges Entwicklungsstadium der Gesellschaftsfolge handelt, dessen baumlose Vorstufen in ihrer Bedeutung nicht übersehen werden dürfen. Diese Vorstufen z. B. in den Everglades (Florida) unter unseren Gesichtspunkten einmal näher zu studieren wäre ein lohnendes Unternehmen!

Torfbildung vorübergehend unterbrochen oder auch endgültig (S. 90 ff.) zum Abschluß gebracht wurde. Im ersten Fall sehen wir dann ein „Mittel“, d. i. eine Schicht aus Ton, Sand u. dgl. unterbrechend in das Braunkohlenflöz eingeschaltet. In anderen Fällen führten die kurzfristigen Senkungen nur zu einer Einwölbung um höchstens einige wenige Meter, es kam nicht zum Eindringen moorfremder Sedimente und die Torfbildung konnte früher oder später weitergehen, bzw. wurde nun erst recht angeregt. Wir wollen auch hier mehrere der möglichen Fälle näher betrachten.

Die Gesellschaftsfolge wurde plötzlich auf einen früheren Stand zurückgeworfen, von dem sie nun wieder beginnen und aufbauen mußte. Traf die Senkung ein baumloses Niederungsmoor, so sind uns in Anbetracht der krautigen Pflanzenwelt, die zwar stofflich, nicht aber formlich erhaltungsfähig ist, im Braunkohlenflöz Spuren dieses Ereignisses höchstens insofern erhalten, als sich eine Schicht irgendwie andersgearteter Kohle im Flözaufbau hervorheben kann. Wie fast jede sedimentär entstandene geologische Ablagerung, so ist auch ein Braunkohlenflöz deutlich geschichtet; und gerade hier sind diese Schichten weit mehr noch durch wechselnde Beschaffenheit als durch deutliche Schichtfugen ausgeprägt. Schon durch die Schichtung der Braunkohle wird also der fortdauernde Wechsel in ihren Bildungsbedingungen angedeutet!

War nun aber die Oberfläche des Senkungsfeldes mit einer baumführenden Pflanzengemeinschaft besiedelt, dann hatte sie eine sehr auffallende und in der Braunkohle häufig entgegretende Erscheinung zur Folge, nämlich die Bildung eines Stubbenhorizonts (vgl. S. 34) und in ihm die Erhaltung größerer, der äußeren Form wie der inneren Struktur nach noch wohl-erhaltener Reste, wie sie eben nur Bäume liefern können. Je nachdem nun der jeweils vorhandene Baumbestand den Charakter eines Bruchwaldes hatte oder den des *Sequoia*-Mischtyps, kamen Reste feuchtigkeitsliebender oder an trockenere Bedingungen angepaßter Bäume in den Stubbenhorizonten zur Erhaltung.

Der Sumpfwald war aber nur ein an sich vergängliches Zwischenstadium, der *Sequoia*-Mischwald hingegen, als Endstadium der Gesellschaftsfolge immer wieder angestrebt und wohl auch immer wieder einmal trotz Senkungen verwirklicht, war an sich von Dauer; daher mögen die instantanen Senkungen ihn sehr häufig

angetroffen haben¹⁾). Damit erscheint mir erklärt, warum er trotz seiner geringen Bedeutung für die Gesamttorfbildung am häufigsten und am auffallendsten seine Reste hinterlassen konnte!

Die näheren Bedingungen der Braunkohlentorf-Bildung lassen sich also nicht in einem einheitlichen Bild erfassen und damit auch nicht in kurzen Worten erklären, wenn nicht wichtige Tatsachen der wandlungsfrohen Natur unberücksichtigt bleiben sollen. Jene Bildungsbedingungen waren in den Bodenverhältnissen wie in der besiedelnden Pflanzenwelt denkbar mannigfaltig und wechselnd. Es gab nicht dauernd Senkungen, auch die Torfbildung vollzog sich bald schneller, bald langsamer oder kam auch zeitweise ganz zum Stillstand. Die ebenfalls wechselnde Art des abgelagerten Torfs (Riedtorf, Waldtorf, versenkter Rohhumus des Sequoiawaldes usw.) ist heute noch in der schichtmäßigen wechselnden Beschaffenheit der Braunkohle angedeutet. Auch das Klima war nicht konstant; kam es zu bedeutenderen Klimaänderungen, z. B. während einer Ruhepause der Torfbildung, so konnte ihre spätere Fortsetzung von einer der systematischen Zusammensetzung nach durchaus anderen, in den Arten den neuen Verhältnissen angepaßten und demnach mehr minder stark veränderten, nur in der Vegetationsform sich anschließenden Pflanzenwelt geliefert werden. Und so kann es wohl kommen, daß räumlich enganeinanderliegende, kaum auseinanderzuhaltende Braunkohlenlagen einen sowohl den Arten wie den Bedürfnissen nach gänzlich verschiedenen Fossilinhalt führen und zum mindesten zu der irrümlichen Vorstellung Veranlassung geben, daß alle diese Arten in einer einzigen Pflanzengemeinschaft gleichzeitig vereint waren.

Wenn also in der Braunkohle die Reste von ökologisch verschiedenwertigen Pflanzen vorkommen, so kann dies nicht mehr wundernehmen und nicht mehr als widerspruchsvoll erscheinen, sondern nur als Beleg für die anzunehmende und auch beweisbare Verschiedenartigkeit der Bedingungen gelten. Und diese Bedingungen waren noch dazu nicht nur zeitlich hintereinander, sondern auch räumlich nebeneinander wechselnd, ein Mosaik ineinander ver-

¹⁾ Daß der *Sequoia*-Wald von den kurzfristigen Senkungen besonders häufig betroffen wurde, kann durch die erwähnte Annahme, daß diesen ein längerer Stillstand der langfristigen Senkungen, also ein Senkungsstau, voranging, noch weiter wahrscheinlich gemacht werden, denn dieser Senkungsstau mußte zwangsläufig binnen kurz oder lang zur Trockenlegung des Bodens und zur Besiedlung durch den *Sequoia*-Wald führen!

zahnter Entwicklungszustände. Denn die Oberfläche des Geländes kann keinesfalls völlig gleichmäßig und eben gedacht werden. Torfschlammführende Rinnale, Altwässer träge durchziehender Flüsse¹⁾, Tümpel, auch größere Wasserbecken mit reicher Wasserpflanzenwelt wechselten räumlich ab mit weiten Moorflächen, in denen wiederum bultenartige Bodenerhöhungen bestimmten Pflanzen trockenere Bedingungen boten. Diese Einzelheiten aber waren in das große Gesamtbild der Verlandungszonen eingeordnet, die über jeden Festpunkt im Laufe der Zeit wiederholt gleichsam hinwegglitten. Und die Reste dieser im Nach- und Nebeneinander so verschiedenen Pflanzenvereine wurden oft genug innerhalb einer dünnen Braunkohlenbank zur Anlagerung gebracht, gleichsam auf eine Ebene niedergeschlagen. Ihr Fossilinhalt bietet also kein unmittelbares Bild der wirklichen Lebensgemeinschaft, der Biozönose, sondern das einer nach anderen Gesetzen zustande kommenden Totengemeinschaft (Thanatozönose) — wie es für die fossile Tierwelt schon längst erkannt ist!

3. Bodenständige oder bodenfremde Flözentstehung?

Geradezu den Grundstock jeder wissenschaftlichen Erörterung über die Entstehung irgendeines Braunkohlenlagers bildete bis in die jüngste Zeit die Frage, ob die braunkohlenbildende Pflanzenwelt jeweils an Stelle des heutigen Flözes wuchs (Autochthonie), oder ob dieses aus zusammengeschwemmten Pflanzenresten (primäre Allochthonie) oder umgelagerter Braunkohle (sekundäre Allochthonie) entstand. Wir meinen, daß auch diejenigen nutzbaren, also größeren Vorkommen, mehr minder reiner Braunkohle bodenständiger Entstehung sind, welche dies nicht ohne weiteres durch vorkommende Wurzelböden²⁾, aufrecht stehende Baumstümpfe oder den noch in der Ablagerung erkennbaren vollständigen Verlandungsvorgang (Auf-treten von Faulschlammbildungen usw.) erkennen lassen. Denn eine Zusammenschwemmung von Pflanzenmaterial oder die Verlagerung fertiger Braunkohle in großem Maßstab ist ohne weitgehende Beimengung mineralischer Fremdstoffe (Sand, Ton usw.) undenkbar. Die fließende Verlagerung von breiartigem Torfschlamm innerhalb

¹⁾ Wie etwa heute im Memel-, eindrucksvoller noch im Mississippidelta!

²⁾ Wurzelboden = eine das Flöz unterlagernde, von den Wurzeln der zunächst darauf angesiedelten, die Braunkohlenbildung einleitenden Pflanzen durchsetzte Gesteinsschicht (z. B. Ton).

eines Braunkohlenmoors durch daselbst auftretende träge Strömungen mag vorgekommen sein, kann aber noch nicht als Allochthonie bezeichnet werden. Wir halten jene Fragestellung bei größeren Vorkommen mehr minder reiner Kohle für völlig gegenstandslos; ihre Erörterung ist lediglich bei kleinsten Vorkommen (Kohlenschmitzen) und Lagern sehr unreiner Kohle oder kohlig durchsetzter Gesteine berechtigt.

B. Das erdgeschichtliche Schicksal des Braunkohlentorfs

Die Bildung des Braunkohlentorfs kann durch zwei ganz entgegengesetzte Vorgänge ihr Ende gefunden haben.

1. Durch endgültiges Aufhören der Bodensenkungen, bzw. Hebung. Der Boden erhöhte sich dann durch die Tätigkeit der Pflanzen endgültig über den Grundwasserspiegel und die weiterhin zur vorübergehenden Ablagerung kommenden Pflanzenreste zersetzten sich fortlaufend an der Luft. Ja, es kann im Zusammenhang mit Hebungerscheinungen sogar zu einem so beträchtlichen Absinken des Grundwasserspiegels gekommen sein, daß sich — besonders bei trockenem Klima — die bereits gebildeten Torfschichten von der Oberfläche her wieder zu zersetzen begannen. Ansehnliche Ablagerungen konnten auf diese Weise wieder vernichtet werden, bevor sie durch Überdeckung mit weiteren Sedimenten Gelegenheit bekamen, sich weiter zu erhalten und in Braunkohlenflöze umzubilden. Daß solche durch Absinken des Grundwasserspiegels im Verlauf von Hebungerscheinungen oder klimabedingte Trockenzeiten auch gelegentlich die später weitergehende Torfbildung vorübergehend unterbrochen haben, zeigen die besonders in der eozänen mitteldeutschen Braunkohle die Flöze durchziehenden Schwelkohlenstreifen (Abb. 49); sie verdanken ihre Entstehung solchen vorübergehenden Trockenzeiten, in denen sich in der bloßliegenden Oberschicht des Flözes die schwer zersetzlichen Bestandteile, vor allem die Harze und Wachse durch auslesende Zersetzung der übrigen anreicherten.

2. In den meisten und für die Braunkohlenerhaltung wesentlicheren Fällen wurde aber die Torfbildung durch besonders starke Senkungsvorgänge¹⁾ beendet. Durch das entstehende besonders

¹⁾ Grundsätzlich muß für Ausnahmefälle auch die Möglichkeit entsprechend starker Hebungsvorgänge in der Umgebung des ruhenden Braunkohlenmoors offen gelassen werden; sie könnte genau die gleiche Wirkung gehabt haben.

starke Gefälle drangen mit mineralischen Fremdstoffen beladene Gewässer in die Senken ein. Kam es zur Bildung stehender Gewässer, dann setzten sich in ihnen tonige oder auch kalkige Schichten ab — Flüsse und Ströme aber überschütteten die Torfablagerung mit Sand und mächtigen Geröllmassen. Hunderte von Metern mächtige Schichten solcher Sedimente konnten, wenn das Land weiter absank (oder umgekehrt die Umgebung emporgewölbt wurde),

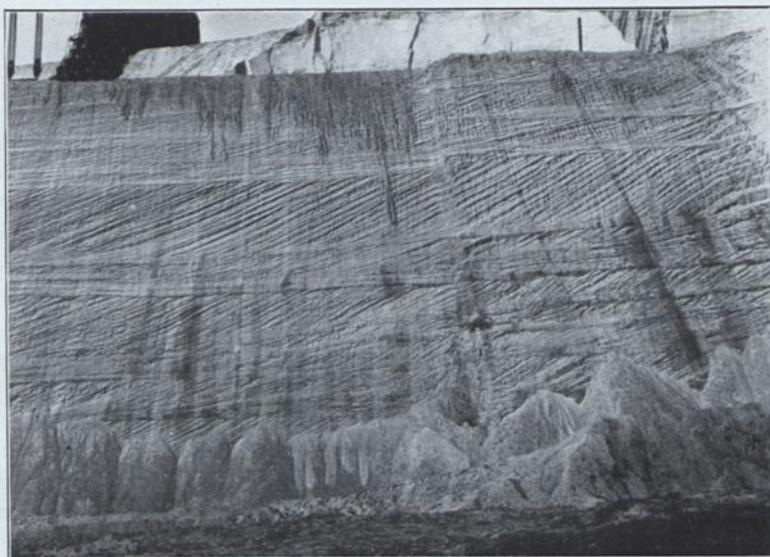


Abb. 43. Kreuzgeschichtete Flußsande über Niederlausitzer Braunkohle.
Aufn. K. A. JURASKY.

sich über dem Torfflöz ablagern — und die Verschiedenartigkeit ihrer wechselnden Schichten und sonstigen Merkmale gibt in jedem Gebiet gesondert Bericht über das weitere Schicksal des Landes.

Tief versenkt ins warme Erdinnere, von seinen Wasserströmen durchtränkt und durch den Druck der Überlagerung immer weiter zusammengepreßt und — abgesehen von der Tiefenwärme¹⁾ — auch dadurch erhöhten Temperaturen ausgesetzt — wurden nun im

¹⁾ Die Temperatur steigt gegen das Erdinnere je 33 m um 1° C (geothermische Tiefenstufe). In ehemals vulkanischen Gebieten erfolgt diese Zunahme auf noch viel kürzerem Weg.

Torfflöz jene formlich und stofflich verändernden Vorgänge wirksam, deren Gesamtheit als Inkohlung bezeichnet wird, und deren Ergebnis in der wechselnden physikalisch-chemischen Beschaffenheit, vor allem also im „Inkohlungsgrad“ ursprünglich gleichartig gebildeter Braunkohlen zum Ausdruck kommt.

Aus der Torfablagerung wurde ein Braunkohlenflöz. Eine beträchtliche Volumverminderung gegenüber der ursprünglichen Mächtigkeit ging damit Hand in Hand. Auf Grund verschiedenartig begründeter Berechnungen läßt sie sich für unsere normalen Braunkohlen mit etwa 2,5:1 angeben (Setzungskoeffizient).

Die beträchtliche Überdeckung des Braunkohlenflözes mit Sedimenten wie Ton, Sand, Kies und Schotter blieb über manchen Braunkohlenvorkommen (Rur- und Erfttalgraben, Rheinland, siehe S. 110f.) zum großen Teil bis in die Gegenwart erhalten. Vielfach aber wurden diese Ablagerungen durch Verwitterung und Erosion zum größten Teil wieder abgetragen — das Braunkohlenflöz gelangte neuerdings in die Nähe der (heutigen) Landoberfläche, wenn es nicht auch selbst ganz oder teilweise der Zerstörung verfiel.

Dabei spielen spätere Bewegungen der Erdkruste eine erhebliche Rolle, wie sie ja schon vorher für die Flözbildung selbst von Bedeutung waren. Weite Teile der Erdkruste wurden im Laufe der Tertiärzeit und darüber hinaus durch solche tektonische Vorgänge, durch Verwerfungen, in größere und kleinere Einzelschollen zerstückelt, die bis dahin zusammenhängenden Flöze auseinander gerissen und ihre Teile in senkrechter Richtung gegeneinander verschoben (Abb. 45). Verwitterung und Abtragung, vor allem durch das fließende Wasser, wurden dadurch zu immer neuer Tätigkeit angeregt — sie glichen abtragend und aufschüttend die sich bildenden Unebenheiten der Landschaft aus, oft ehe sie an ihrer Oberfläche besonders in Erscheinung treten konnten; dabei verfielen auch manche der in „Horsten“ stehengebliebenen Flözstücke ganz oder teilweise der Zerstörung, während andere, in „Gräben“ versenkte, weiter überdeckt wurden, mindestens aber erhalten blieben (Abb. 45). In besonders eindrucksvoller Weise zeigen sich die Wirkungen solcher Vorgänge im Gebiet der niederrheinischen Braunkohle um Köln.

Nicht nur tektonisch bedingte Krustenbewegungen beeinflussten Lagerung und Erhaltung der Braunkohle. In Mitteldeutschland liegen gewaltige, viel früheren Zeiträumen entstammende Salzmassen im Untergrund der Kohle; in ihnen entstanden stellenweise durch

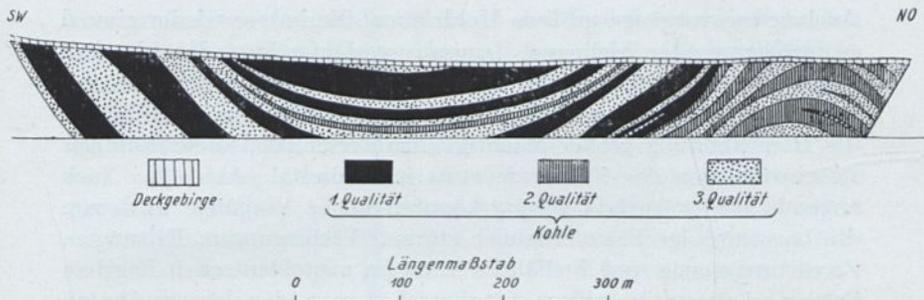


Abb. 44. Muldenförmige Flözlagerung infolge Senkung während der Bildung. Messel b. Darmstadt. Nach SCHEERER.

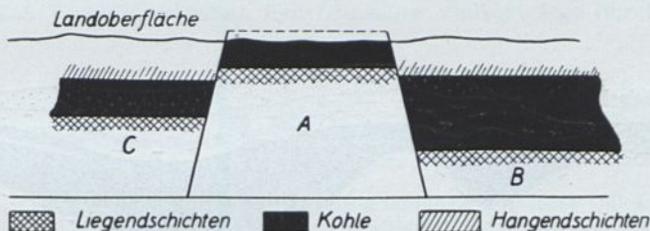


Abb. 45. Vereinfachte Darstellung der Wirkung von Verwerfungen auf Mächtigkeit und Erhaltung eines Braunkohlenflözes.

A Stehengebliebener Horst; normale ursprüngliche Flözmächtigkeit, aber Flöz von der heutigen Landoberfläche angeschnitten und teilweise zerstört. *B* Während der Bildung abgesunkene Scholle. Erhöhte Flözmächtigkeit gegenüber *A*; weiteres Absinken nach der Bildung bewirkte schützende Versenkung gegenüber *A*. *C* Absinken der Scholle nach der Braunkohlenbildung; schützende Versenkung des wie in *A* ausgebildeten Flözes.

Nach K. A. JURASKY.

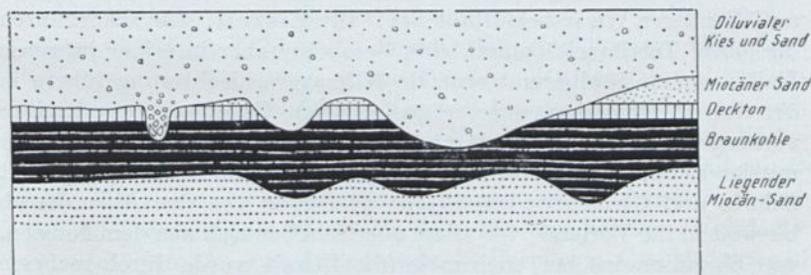


Abb. 46. Abhängigkeit der Flözmächtigkeit von der Gestaltung der Liegend- und Hangendfläche. Erosionsrinnen im Flöz (Bitterfeld). Nach K. PIETSCH.

Auslaugungsvorgänge größere Hohlräume, die immer wieder einmal zu größeren oder kleineren, langsam verlaufenden oder plötzlich erfolgenden Einbrüchen der Überlagerung führten. Während der Flözbildung bedingten solche Einbuchtungen der Untergrundfläche die Herausbildung großer Mächtigkeitsunterschiede, knotenförmiger Anschwellungen der Flöze wie etwa im Geiseltal (Abb. 47). Nach abgeschlossener Torfablagerung konnten solche Vorgänge wiederum die Lagerung der Flöze erheblich stören. Verbiegungen, Faltungen, Zerrüttungszonen und Erdfälle werden im mitteldeutschen Bergbau immer wieder aufgeschlossen; abgesehen von der letzterwähnten Erscheinung sind freilich gerade hier die Ursachen nicht immer festzustellen, da auch Eisschub (s. unten!) und tektonische Vorgänge zur Wirkung kamen.

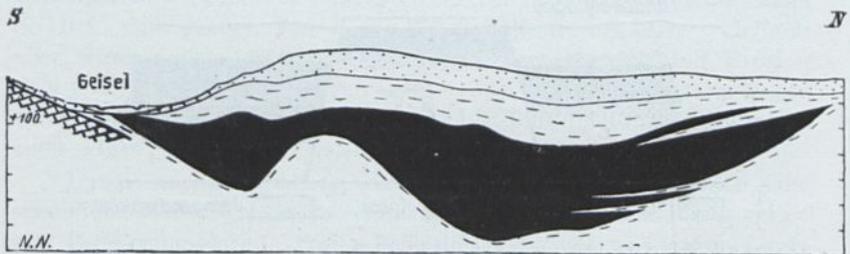


Abb. 47. Höckerige Flözausbildung; Anschwellung der Mächtigkeit über Bodensenkungen durch Salzauslaugung (vgl. S. 94). Geiseltal b. Merseburg. Nach SALZMANN und PIETZSCH.

Eines großen geologischen Ereignisses ist weiterhin zu gedenken, das ebenfalls in Mittel-, vor allem in Ostdeutschland die Ausbildung und Lagerung der dortigen Braunkohlenflöze in noch auffallenderer Weise beeinflusst hat: Die Eiszeit. Die schon durch die ganze Tertiärzeit bemerkbare, besonders aber in seiner jüngeren Hälfte immer fühlbarer werdende Klimaverschlechterung führte in der darauf folgenden, unserer geologischen Gegenwart unmittelbar vorausgehenden Diluvialzeit zu einer derartigen Verminderung der mittleren Jahrestemperaturen, daß sich alle höheren Gebirge mit Schnee und Gletschern bedeckten; sie flossen von den Alpen herab bis weit in ihr Vorland; vor allem aber schoben sich aus dem Norden, von Skandinavien her, mehrmals (die Eiszeit wurde durch mehrere warme und eisfreie Zwischeneiszeiten unterbrochen!) gewaltige Inlandeismassen, wie wir sie heute noch z. B. aus Grönland kennen,

über große Teile Deutschlands bis an den Fuß der nordböhmisches Randgebirge und im Westen bis an den Rhein. Diese Inlandeis-massen, deren Mächtigkeit nach den neueren Anschauungen nach vielen Hundert, ja vielleicht Tausenden von Metern zählte, belasteten die Sedimente ihrer Unterlage und damit auch die Braunkohle mit dem ungeheuren Druck ihres Gewichts. Die Flöze erfuhren eine gewaltige Pressung, deren Auswirkungen sich z. B. sehr deutlich an den Braunkohlenhölzern zeigen: Liegende Baumstämme wurden flachgedrückt, oft sogar gefaltet, und ihre Gewebe wurden bis zur Unkenntlichkeit ausgewalzt. Aufrecht in der Braunkohle lagernde Baumstümpfe wurden gestaucht, ihre Außenflächen mit rippelartigen Druckskulpturen bedeckt. Von der alles menschliche Vorstellungsvermögen übersteigenden Gewalt, mit der sich die Bewegung, das Vorwärtsschieben der Gletscher vollzog, legt der innere



Abb. 48. Durch Eisschub gefaltetes Braunkohlenflöz (Grube Merkur bei Drebkau, N.-L.). Beachtenswert die verschiedenen Ergebnisse der einzelnen Bohrungen! Umgezeichnet nach PRETZSCH und RUSSWURM.

Aufbau ihres Untergrundes noch heute überall Zeugnis ab; die weiterrückenden Eismassen schoben die unterlagernde Sedimentdecke mit den eingeschalteten Braunkohlenflözen bis zu einer Tiefe von über hundert Metern in Falten zusammen — in gleicher Weise, wie man es mit festaufliegender gleitender Hand an einem locker aufliegenden Tischtuch bewirken kann. Manche Flöze und Flözteile wurden in steile Falten aufgerichtet oder sogar zu verkehrter Lagerung überkippt (Abb. 48). Durch sich einwühlende Gletscherzungen wurden manchmal ganze Landschollen losgerissen, weiterbewegt und an anderen Orten den dort lagernden Sedimenten aufgeschoben. Die durch das Eis in den Flözen selbst bewirkten Kleinfaltungen treten an den Kohlenwänden der Braunkohlengruben oft durch die hellen Schwelkohlenstreifen besonders deutlich hervor (Abb. 49). Schließlich wurde die vom Eis abgehobelte Landfläche mit mächtigen Moränenablagerungen in Form von Geschiebemergel überdeckt, und Staubstürme setzten weiterhin in vielen Gegenden Deutschlands starke Schichten von Löß darauf ab. Andererseits

arbeiteten wieder die abfließenden Schmelzwässer des endgültig im Rückzug begriffenen Inlandeises an der Umlagerung des Moränenschutts und an der Herausformung der heutigen Landoberfläche. Großartige Zeugnisse ihrer Tätigkeit sind die Urstromtäler, deren Verlauf heute noch sich in der Richtung vieler Flüsse und Ströme bemerkbar macht und darüber hinaus in manchen Gebieten Verteilung und Bewegung des Grundwassers erheblich beeinflußt; gerade darüber wurden unsere Kenntnisse in letzter Zeit durch

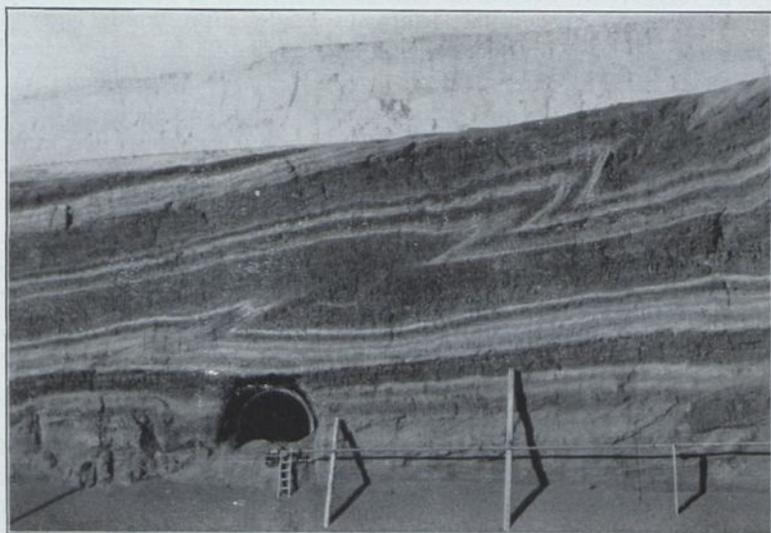


Abb. 49. Durch Eisschub gefaltetes Braunkohlenflöz (helle Schwelkohlenstreifen!). Eozän, Grube Kurt b. Zeitz. Aufn. K. A. JURASKY.

Untersuchungen im Lausitzer Bergbaugesamt bereichert, wo die Grundwasserverhältnisse eines der wichtigsten Probleme des Kohlenabbaus darstellen.

Die heutige Landoberfläche schneidet vielfach die durch Gletscherbewegung in Falten gelegten oder aufgerichteten Braunkohlenflöze an; damit im Zusammenhang steht eine Bodenform der Lausitz, die merkwürdig genug ist, um hier Erwähnung zu finden: die Gieser.

Das sind langgestreckte, geradeverlaufende, meist mit Wasser oder Moorbildungen erfüllte Rinnen. Untersuchungen haben klar-

gestellt, daß an diesen Linien im Untergrund entweder lange Faltentäler verlaufen — oder daß hier Braunkohlenflöze zur Oberfläche austreichen; ihre oberflächliche Oxydation und Zer-

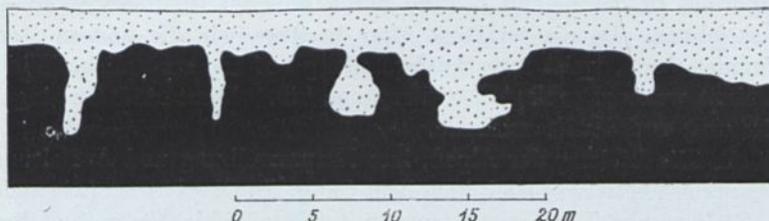


Abb. 50. Ausstrudlungen durch glaziale Schmelzwässer in Niederlausitzer Braunkohle. Nach K. KEILHACK und K. PIETZSCH.

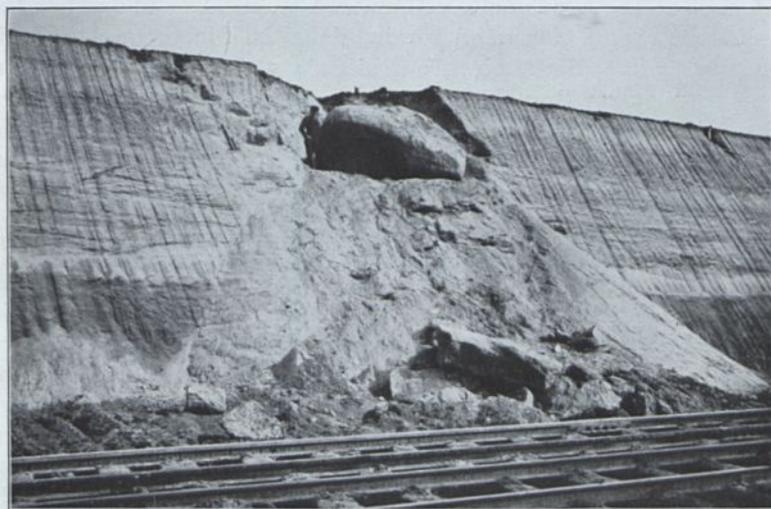


Abb. 51. Eiszeitlicher Findlingsblock über Flußsanden. Hangendes der Braunkohle von Welzow, N.-L. Aufn. Eintracht A.-G.

störung führte im letzteren Fall zu rinnenartiger Vertiefung der Landfläche.

Die geschilderten allgemeinen Grundzüge geologischer Entwicklung vom Abschluß der Torfbildung bis zur Gegenwart gelten

mit wechselnder Einzelausprägung¹⁾ für die meisten und bedeutendsten deutschen Braunkohlenvorkommen. Es gibt nun aber in Deutschland noch einige Gebiete, deren Braunkohlenflöze insgesamt oder stellenweise durch andersartige, sich der Steinkohle nähernde Beschaffenheit — also durch höheren Inkohlungsgrad — auszeichnen. Da sie tertiäres Alter besitzen wie die andern Vorkommen auch, weist ihre Sonderstellung auf die zusätzliche Wirksamkeit weiterer geologischer Vorgänge hin. Diese sind Gebirgsbildung und Vulkanismus.

I. Die Bildung der Alpen, ihre Emporwölbung und Auffaltung war in der Tertiärzeit noch in vollem Gang. In Oberbayern (wie auch in Steiermark, Tirol usw.) wurden tertiäre Schichten mitgefaltet und am Aufbau vor allem der alpinen Außenzonen mitbeteiligt. Gelegentlich solcher Faltungsvorgänge wurden die betroffenen Schichten ungeheuren Druckwirkungen ausgesetzt, mit denen sicherlich auch starke Erwärmung verbunden war. Lockere und plastische Sedimente (Sand, Ton u. a.) wurden dabei im Sinne einer Verfestigung verändert (Sandstein, Tonschiefer); vor allem aber erfuhren etwa eingelagerte Braunkohlenflöze solche als Dynamometamorphose bezeichneten Wandlungen. Sie wurden fest und hart, spröde und muschelig brechend, erhielten glas- oder pechähnlichen Glanz und näherten sich — obwohl chemisch noch eben als Braunkohlen erkennbar — sehr der Beschaffenheit der Steinkohle in ihrer glanzkohligen Ausprägung (Magerkohlen). Vgl. auch S. 108.

II. In ähnlicher Richtung wurden in wieder andern Gebieten Deutschlands (Rhön, Westerwald, Meißner usw., vgl. S. 111) die Braunkohlen unter Einwirkung der hohen Temperaturen glutflüssiger vulkanischer Gesteine und der von ihnen abgegebenen heißen Gase verändert (Kontaktmetamorphose). Die aus der Tiefe empordringende glühende Lava — insbesondere war es Basalt — bahnte sich in flächenhaft-verbreiterten oder auch rundlich-stielförmigen Gängen, die sich oft in unzählige Seitenadern (Apophysen, Abb. 52) verzweigten, ihren Weg nach oben, breitete sich an der Oberfläche in deckenartigen Ergüssen aus und erstarrte in säulen- oder plattenartigen Absonderungsformen. Oft genug gelangte das glutflüssige

¹⁾ So fehlte z. B. die Eisbedeckung bei den meisten westdeutschen Braunkohlen. Im Gebiet der älteren, eozänen Braunkohlen Mitteldeutschlands erfolgte im Oligozän ein Übergreifen des Meeres, dessen Ablagerungen noch an vielen Orten (S. 113) erhalten sind.

Gestein (Magma) nicht bis an die Erdoberfläche, sondern erstickte in der Tiefe, die durchbrochenen Schichten aufblättern und sich gang- oder deckenförmig zwischen sie entlang der Schichtfugen einzwängend (Lagergänge). Auch zwischen, unter oder über Braunkohlenflözen finden sich solche Basaltdecken, und häufig werden im Bergbau ihre die Kohle durchstoßenden oder sich in ihr verzweigenden Wurzeln bloßgelegt. Meist hat sich in ihnen der Basalt unter der



Abb. 52. Kontaktaufschluß Braunkohle an Basalt. Tiefbau Faulbach am Steinberg bei Gr. Almerode (Hessen). Der durch Humuswässer verlehnte und daher hell erscheinende Basalt überlagert die Kohle; z. T. ist er auch in sie eingepreßt. Links oben: Dunkle Verwitterungskerne in Basaltsäulen-Querschnitten. Aufn. K. A. JURASKY.

Einwirkung der humussauren Wässer zersetzt und in eine gelbe, lehmige Masse umgewandelt (Kaolinisierung, Abb. 52, 57). In der Nachbarschaft des Basalts zeigt die Kohle vielfach sehr charakteristische Veränderungen, die mit weiterer Entfernung über alle Zwischenstufen bis zur normalen unveränderten Beschaffenheit abklingen. Unmittelbar am Kontakt ist die Kohle oft in stengelig zergliederte, silberglänzende Massen einer Art Naturkoks, zuweilen auch in Anthrazit umgewandelt, oder sie grenzt mit gleichfalls stengeligen Lagen von steinkohlenähnlicher Beschaffenheit an das vulkanische Gestein (Abb. 53). Auch pechähnlich-glänzende, von

Blasenräumen durchsetzte, wie umgeschmolzene Massen kommen vor. Begleitende Tone wurden zu buntem „Basaltjaspis“ gebrannt.

Die Wirkung des Basalts auf die Kohle beschränkt sich nicht auf die unmittelbare Kontaktschicht; die Flöze zeigen sich darüber hinaus auf zuweilen über 50 m Entfernung zu Schwarzkohle veredelt, einer ziemlich harten, stumpfschwarz bis mattglänzenden, in Inkohlungsgrad und Heizwert beträchtlich vorgeschrittenen Kohlenabart¹⁾. Merkwürdig ist, daß sich derartige Kontaktwirkungen

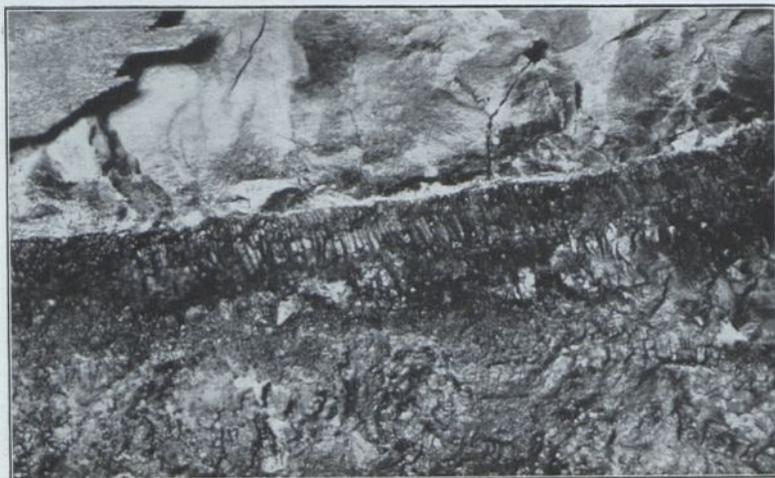


Abb. 53. Kontakt Braunkohle (schwarz) an Basalt (hell); stengelige Absonderung der veredelten Kohle an der Berührungsfläche. Grube Faulbach. (Vgl. Abb. 52.) Aufn. K. A. JURASKY.

durchaus nicht immer finden. Im Westerwald (S. 111) z. B. haben unter Braunkohlenflözen erstarrte Basaltdecken in der Kohle oft nur ganz geringfügige, äußerlich gar nicht sichtbare Veränderungen bewirkt, so daß lange die naheliegende Annahme herrschte, die Kohle hätte sich auf dem längst erkalteten alten Basalt als Unterlage später gebildet; erst neuere Untersuchungen konnten erweisen, daß

¹⁾ Die in Mitteleuropa bekannten Kontaktveränderungen an Kohle sind freilich überaus bescheiden gegenüber entsprechenden Erscheinungen in überseeischen Gebieten (Nordamerika, Niederländ.-Indien usw.), wo ganze Flöze in Anthrazit, z. T. sogar in Graphit veredelt wurden!

sich der Basalt unter das bereits fertig vorliegende Flöz eingepreßt hatte. Der flüssige Basalt muß immerhin Temperaturen besessen haben, die auf ein organisches Material wie die Kohle an sich nicht ohne ändernden Einfluß bleiben konnten. Daß trotzdem deutliche Kontakterscheinungen fehlen, möchte ich durch das aus der Physik bekannte LEIDENFROSTsche Phänomen erklären: Seine Anwendung auf den vorliegenden Fall führt zu der Vorstellung, daß Kohle und Basalt durch eine zunächst keinen Ausweg findende Wasserdampfschicht getrennt waren, die als schlechter Wärmeleiter die Hitze des glutflüssigen Gesteins nur in sehr gemäßigter Form auf die Kohle zur Einwirkung kommen ließ.

Die Basaltausbrüche hatten zwei bemerkenswerte Nebenerscheinungen: Heiße, reich mit Kieselsäure und anderen gelösten

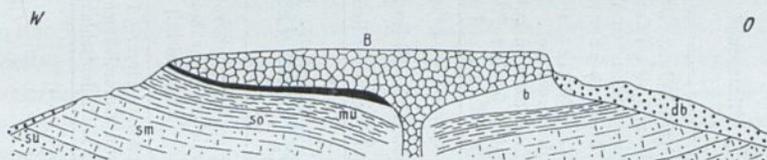


Abb. 54. Braunkohle unter Basalt. Hoher Meißner (Niederhessen).
B = Basalt; *b* = braunkohlenführende Schichten; *db* = Basaltgeröll;
mu = Muschelkalk; *su*, *sm*, *so* = Unterer, Mittlerer und Oberer Buntsandstein. Nach A. UTHEMANN und K. PIETZSCH.

Mineralstoffen geschwängerte Wässer durchfluteten die betreffenden Kohlen, in denen sich dann besonders viele verkieselte Hölzer und andere Versteinerungen oder Mineralbildungen vorfinden.

Die harten widerstandsfähigen Basaltdecken schützten bis auf die Gegenwart die unter ihnen lagernden lockeren Tertiärsedimente und mit ihnen auch die Braunkohlenflöze vor der Abtragung (Abb. 54). Sie lagern heute tief im Innern solcher der aufgesetzten Basalthaube ihr Dasein und oft bezeichnende Formen verdankenden Berge, und müssen mit wenigen Ausnahmen im Tiefbau in weitverzweigten unterirdischen Stollen gewonnen werden.

C. Die geologische Altersstellung der Braunkohlen

Die deutschen Braunkohlenbildungen sind nicht alle gleichaltrig. Sie werden den verschiedenen älteren oder jüngeren Stufen der Tertiärformation zugewiesen (Tabelle 4, S. 102): dem Eozän (Mittel-

Tabelle 4. Die Geologische Neuzeit¹⁾ auf Deutschlands Boden

Formation	Zeitabschnitt	Zeitdauer ²⁾ Millionen Jahre	Alter ²⁾	Tierwelt	Pflanzenwelt	Wichtige Vorgänge	
Quartär	Geolog. Gegenwart (Nach-eiszeit)	0,02	0,02	Kulturentwicklung des Menschen von der Jüngeren Steinzeit bis zur Gegenwart	Wiederbesiedlung Deutschlands mit den Pflanzengemeinschaften von Wald, Moor und Steppe	Torfbildung in Niederungs- u. Hochmooren (NW-Deutschld.!). Herausbildung des heutigen Flußnetzes. Verwitterung und Bodenbildung	
	Eiszeit (Diluvium)	0,6	0,620	Auftreten d. Menschen. Während d. Vereisungen Mammut, Wollnashorn, Renttier, Höhlenbär. In d. Zwischeneiszeiten Edelhirsche u. Waldelefanten	In den eisfreien Gebieten Tundravegetation. In den warmen, eisfreien Zwischenzeiten üppiger Pflanzenwuchs (Wälder und Moore)	Weite Teile Deutschlands von Eis bedeckt. Staubstürme lagern den Löß ab. Zeitweise Rückzug der Gletscher u. warmes Klima (Zwischeneiszeiten). Reiche Torfbildung	
Tertiär oder Braunkohlenformation	Pliozän	60	60	Blütezeit der Landsäugetiere Erste Menschenaffen Reiche Vogelwelt Muscheln und Schnecken	Gemäßigtes Klima Artenreiche Mischwälder Mittelmeer-Klima	Braunkohlen in der Wetterau und am Untermain	Wechselnde Verteilung von Land und Meer Entstehung der Alpen Schollenzerstückelung der Erdkruste in Deutschland (Rheintalgraben, Köln. Bucht usw.!) Starke vulkanische Tätigkeit: Basalte des Westerwalds, b. Kassel, in der Eifel usw.
	Miozän						
	Oligozän				Tropisch-subtropische Flora mit reichen Palmenbeständen (Niederrhein!)	Niederrhein-Braunkohlen Oberbayrische Pechkohlen	
	Eozän (und Paleozän)						

Kreidezeit

¹⁾ Vgl. die Gesamttabelle auf S. 15!

²⁾ Annäherungswerte, ermittelt durch chemische Methoden, in der Quartärzeit auch durch geologische u. a. Verfahren.

deutschland), Oligozän (Oberbayern, Rheinland), Miozän (Lausitz) und Pliozän (Untermain, Wetterau). Auch nachtertiäre diluviale (zwischenzeitliche) Braunkohlen kennen wir aus dem Alpenvorland (vgl. S. 109), die durch den Druck der Alpengletscher aus Torf gebildet wurden.

Für den Außenstehenden ergibt sich die Frage, nach welchen Grundsätzen und mit welchen Mitteln diese zeitliche Zuweisung und Einordnung erfolgt. Ohne hier näher auf die z. T. sehr verwickelten Arbeitsweisen der Stratigraphischen Geologie eingehen zu können, sollen doch wenigstens einige der wichtigsten Gesichtspunkte Erwähnung finden. Das Vorkommen gewisser, zu ihrer Blütezeit über sehr weite Gebiete verbreiteter Tierformen (z. B. Schnecken- und Muschelarten, aber auch Säugetiere) war auf — geologisch gesprochen — verhältnismäßig kurze Zeiträume beschränkt. Das hatte zur Folge, daß sich ihre Reste nur in bestimmten, eben diesen Zeitspannen entstammenden Schichten vorfinden, die dann auch bei verschiedenster Ausbildung („Fazies“, z. B. Ton, Sand, Kalk usw.) als gleichaltrig wiedererkannt werden. Vor allem nach dem Lageverhältnis der Braunkohle über oder unter solchen durch bestimmte „Leitfossilien“ ausgezeichnete Leitschichten erfolgt die Alters-einstufung der Braunkohle. Fehlen solche Leitfossilien in den begleitenden Schichten wie in der Braunkohle selbst, muß man deren Auftreten so weit zu verfolgen suchen, bis sie mit fossilführenden Schichten unter- oder überlagert werden, sich mit ihnen verzahnen. Eozäne Ablagerungen z. B. sind u. a. durch das Vorkommen einer Schnecke (*Planorbis pseudoammonius* v. SCHLOTH.) und der Reste eines tapirähnlichen Tiers (*Lophiodon*, vgl. S. 67) gekennzeichnet.

Da sich die Pflanzenwelt im Gegensatz zu den Tieren das ganze Tertiär hindurch bis auf die Gegenwart entwicklungsgeschichtlich wenig verändert hat, mag sie für stratigraphische Zwecke in diesem Fall zunächst unbrauchbar erscheinen. Wenn pflanzliche Fossilien trotzdem nicht ohne Bedeutung sind, so ist das in der absteigenden Klimaentwicklung während der Tertiärzeit begründet; sie führte zu geographischen Verschiebungen im Florenbild, durch die sich in Europa (vielleicht mit Ausnahme des Südens) die Verteilung der Arten über die einzelnen Gebiete änderte. Gummibäume und andere ausgesprochen tropische Arten waren in ihrem Vorkommen auf unserm Boden auf das mit heißem Klima ausgestattete Untertertiär (Eozän, z. T. auch noch Oligozän) beschränkt. Palmenreste kennt man reichlich noch aus dem Miozän; sie fehlen — von

Ausnahmefunden abgesehen — im darauffolgenden Pliozän, in dem sich eine in den Klimaansprüchen der unsern ähnliche Pflanzenwelt wohlfühlte. So kann das reichliche, nicht etwa ausnahmen- oder relikthafte Vorkommen bestimmter Pflanzen mit offensichtlich eng begrenzten Klimaansprüchen („stenotherm“) wenigstens in großen Zügen Anhaltspunkte über das Alter der ihre Reste einschließenden Schichten geben. Ich konnte seinerzeit durch die Auffindung reichlicher Palmenreste in der Dürener Kohle (S. 110) die Gleichaltrigkeit der dortigen, bisher für viel jünger gehaltenen Flöze mit denen des Vorgebirges bei Köln wahrscheinlich machen, eine Annahme, deren Richtigkeit durch neuere geologische und paläontologische Arbeiten bestätigt wurde.

D. Das Schicksal der tertiären Pflanzenwelt Europas

Die so reichhaltige tertiäre Pflanzenwelt war im Gegensatz zu heutigen Verhältnissen über ungeheure Gebiete der Erde, über fast die gesamte nördliche Halbkugel verbreitet („zirkumpolare“ Verbreitung). Aus den entferntesten Ländern liegen gleichartige Reste vor. Die fortdauernde Klimaverschlechterung führte, wie erwähnt, zunächst zu Verschiebungen in der floristischen Zusammensetzung der Pflanzendecke in der Art, daß sich auf unserem Boden schließlich die ein kühleres Klima vertragenden Arten aussonderten oder einwanderten, und das Vorkommen der anspruchsvolleren auf die südlicher gelegenen Teile Europas beschränkt wurde. In der Pliozänzeit hatten sich bereits den heutigen sehr ähnliche Klimabedingungen in Mitteleuropa ausgebildet; trotzdem herrschte, z. B. in der Zusammensetzung der Wälder an Busch und Baum, noch ein unvergleichlich großer Artenreichtum besonders an verschiedenen Nadelhölzern, Buchen, Eichen, Ahornen, Nußbäumen, Magnolien u. a., wie er heute noch für die den Klimabedingungen nach vergleichbaren Wälder Ostasiens und Nordamerikas bezeichnend ist, wo ja ganz besonders viele tertiäre Arten sich bis auf den heutigen Tag erhalten konnten. Unsere mittel- und nordeuropäischen Wälder erscheinen demgegenüber mit ihren kaum viel über ein Dutzend zählenden Baumarten ungemein verarmt. Wenn wir als Grund dafür die Vernichtung der bodenständigen Flora durch die eiszeitliche Gletscherbedeckung anführen, so erscheint zwar der heutige Vorzug des nicht von der Eiszeit betroffenen ostasiatischen Gebietes verständlich; hingegen ist der gegenüber Europa ausgeprägte Arten-

reichtum Nordamerikas¹⁾ zunächst nicht ohne weiteres verständlich, da beide Gebiete in ähnlicher Weise über große Teile vergletschert waren. Hier gab nun die Richtung der Gebirge den Ausschlag; in beiden Erdteilen wurde durch die Vergletscherung die Pflanzenwelt nach Süden abgedrängt. Sie fand in Nordamerika infolge des Nord—Süd-Verlaufs der dortigen Gebirge bei diesem Rückzug in klimatisch begünstigte Gebiete kein Hindernis und konnte

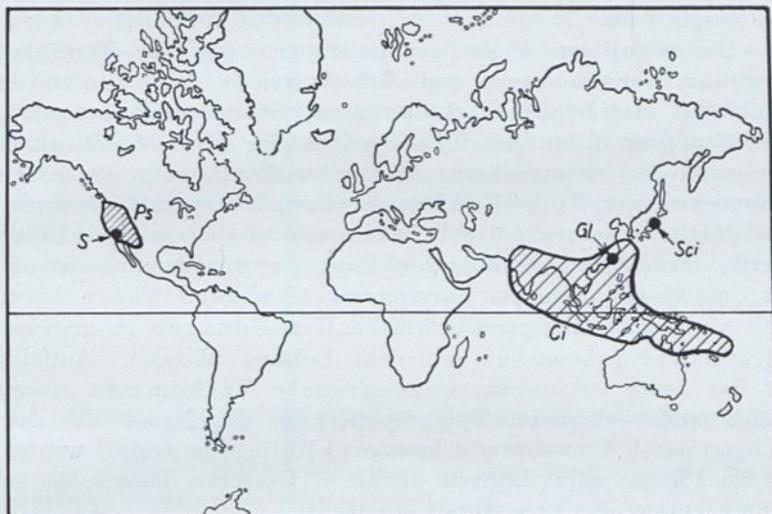


Abb. 55. Heutiges Vorkommen von im Tertiär auch über Europa verbreiteten Pflanzengattungen. In Nordamerika und Ostasien: *Pseudotsuga* (*Ps*); in Nordamerika allein: *Sequoia* (*S*); in Ostasien allein: *Cinnamomum* (*Ci*), *Sciadopitys* (*Sci*), *Glyptostrobus* (*Gl*). Zusammengestellt nach IRMSCHER und STUDT.

später wieder in großer Vollzähligkeit in ihr früheres Bereich zurückwandern. In Europa hingegen versperrten die Ost—West verlaufenden Alpen als unübersteiglicher Wall das Ausweichen nach Süden; die tertiäre Pflanzenwelt wurde hier durch das heranrückende Eis nicht nur verdrängt, sondern fast ganz vernichtet — bis auf spärliche

¹⁾ Die entsprechenden Wälder bestehen oft aus 50 bis über 100 verschiedenen Baumarten; besonders formenreich sind Ahorne, Eichen, Kiefern, Kätzchenträger (Birken!), Nußgewächse u. a.

Reste, die im S, O und W Europas beschränkte Zufluchtsstätten (Refugien) fanden, aus denen sie nach der Eiszeit z. T. wieder zurückwanderten und — des Wettbewerbs der vielen vernichteten Arten ledig — schließlich für sich allein zu dem heute Nord- und Mitteleuropa besiedelnden, vor allem in den Gehölzen sehr formenarmen Pflanzenkleid verbanden. Daraus wird auch der reichhaltigere Charakter der Pflanzenwelt südlich der Alpen verständlich, da es hier zwar zu Klimaverschlechterungen, nicht aber zur Eisbedeckung kam.

Die gewaltigen Umweltsveränderungen seit der Tertiärzeit bewirkten Verschiebungen und Aufteilungen in der die nördliche Halbkugel besiedelnden „arktotertiären“ Pflanzenwelt; es gelang dabei weitaus nicht allen Pflanzenarten, ihr Fortleben in einem geeigneten Gebiet zu sichern. Manche im Tertiär reich gegliederte Formenkreise (z. B. die Familien der *Symplocaceae* und *Cornaceae*) sind durch das Aussterben zahlreicher Arten vor allem seit dem Untertertiär, doch auch gegenüber dem Pliozän ungemein verarmt und oft zu kleinen Gruppen zusammengeschmolzen. Sicher haben sich auch entwicklungsgeschichtliche Umbildungen in manchen Formenkreisen, besonders seit dem Eozän, vollzogen. Auffällig ist das heute so überaus engbegrenzte Vorkommen einiger früher weit verbreiteter Gymnospermen (s. S. 42 und Abb. 55); es kann durch Umweltsveränderungen allein nicht erklärt werden. In der Pflanze selbst liegende „innere“ Ursachen müssen hier im Sinn nachlassender Lebenskraft mitspielen.

Eine ganz allgemeine Erscheinung ist, daß die in der Braunkohlenzeit zusammen vorkommenden Pflanzen gruppenweise auf verschiedene heutige Verbreitungsgebiete verteilt, also getrennt wurden. Jene Pflanzenwelt kann sich also auch in den überlebenden Formen heute nicht mehr in derselben Weise zu Pflanzenvereinen zusammenfinden, und es gibt kein Land, wo die Pflanzengesellschaften gleicher Gesamtprägung („Physiognomie“, z. B. Sumpfwald, *Sequoia*-Wald usw.) auch dieselbe Artzusammensetzung aufweisen wie im tertiären Bildungsraum der Braunkohle. Dem Teil der pflanzengeographischen Forschung, der sich dem Studium der Pflanzengemeinschaften hingibt (Soziologie), wird eine ebenso dankbare wie schwierige Aufgabe erwachsen, wenn sie einmal ihre Tätigkeit auch auf die Erkundung der Vorzeitverhältnisse ausdehnt (Paläozoziologie). Wenn sie dabei aus der Jetztzeit nur allgemeinere Grundzüge in diese Vorzeitstudien übernehmen kann, so mag das

nicht vor Inangriffnahme solcher Forschungen abhalten, sondern im Gegenteil das Interesse daran anregen!

Es ist nicht uninteressant, wie so manche tertiäre, auch in der Braunkohle vorkommende Arten, die heute bei uns oder in ganz Europa ursprünglich nicht mehr vorkommen, durch Zutun des Menschen wieder in ihr altes Siedlungsgebiet zurückgefunden haben und sich hier sofort wieder ganz offensichtlich heimisch fühlen. Beispiele dafür sind die aus dem Balkan stammende Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*), die ebendort und in einem abgesprengten Vorkommen auch südlich von Wien ursprünglich auftretende Schwarzkiefer (*Pinus nigra* — sie wird viel zur Aufforstung nackter Kalkböden bei uns angepflanzt!) und schließlich die aus Nordamerika eingeführte Falsche Akazie (*Robinia pseud-acacia*). Sie alle verhalten sich heute ganz wie einheimische Pflanzen, verwildern und bilden mancherorts einen sich selbst behauptenden Bestandteil unserer Gehölze. Auch der Götterbaum (*Ailanthus glandulosa*) zeigt — wieder aus China in seine alte Heimat zurückgebracht — große Neigung, sich aus den Gärten in die Freiheit zu begeben.

IV. Übersicht der deutschen Braunkohlen-Vorkommen

Deutschland besitzt unzählige, über das ganze Reich verstreute Braunkohlenlager, die sich — abgesehen von einigen kleinen diluvialen Vorkommen — ihrem Alter nach auf die verschiedenen Stufen der Tertiärformation verteilen. Selten ist die ursprüngliche Verbreitung der Ablagerungen auch nur einigermaßen noch erhalten; meist sind sie durch spätere geologische Eingriffe in eine Unzahl von Einzelvorkommen zerstückelt worden, während viele andre kleinere, oft engbenachbarte Vorkommen wieder von Ursprung an getrennte Bildungen in kleinen, zuweilen dem Vulkanismus ihre Entstehung verdankenden Becken (z. B. Maare) darstellen.

In dem hier gegebenen Rahmen können neben den wirtschaftlich bedeutendsten Lagerstätten nur noch die kleineren Vorkommen berücksichtigt werden, die durch ihre geologische Lagerung, durch Besonderheiten der Ausbildung oder sonstwie bemerkenswert sind. Wirtschaftlich werden alle anderen Vorkommen um ein bedeutendes überragt von den drei Gebieten Mitteldeutschland, Niederrhein, Niederlausitz,

Da eine Anordnung der deutschen Braunkohlenlager nach geologischen Gesichtspunkten wenig übersichtlich, ja nach dem derzeitigen Stand unserer Kenntnisse überhaupt nicht durchzuführen wäre, folge ich hier der gebräuchlichen Einteilung nach der geographischen Lage, bzw. nach Wirtschafts-

gebieten. Innerhalb von vier großen Braunkohlengebieten (süd-, west-, mittel- und ostdeutsches Gebiet) lassen sich die Vorkommen weiterhin in Gruppen (Bezirke) zusammenfassen.

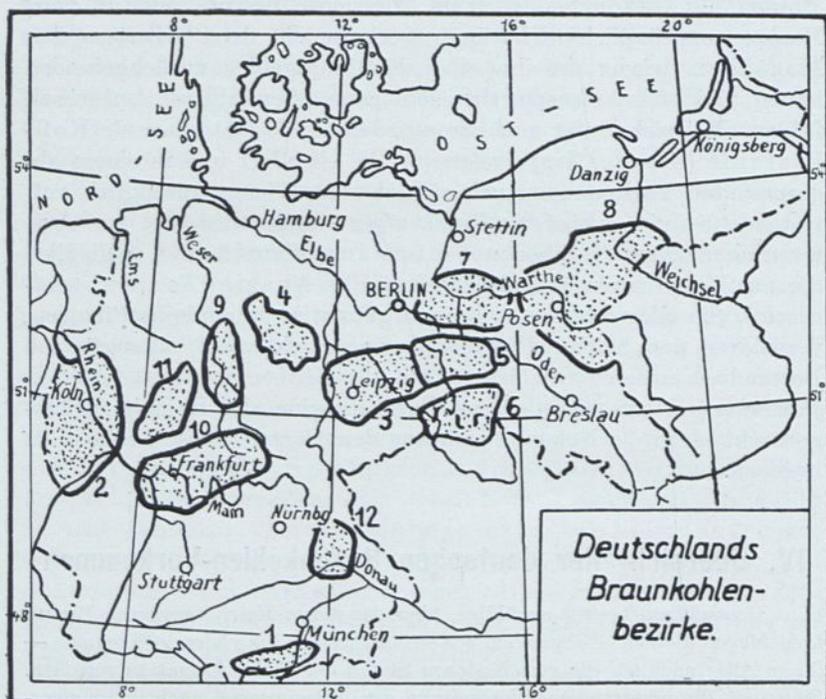


Abb. 56. 1. Oberbayr. Pechkohle; 2. Niederrhein; 3. Thüringen-Sachsen; 4. Braunschweig-Magdeburg; 5. Niederlausitz; 6. Oberlausitz; 7. Oder; 8. Posen; 9. Niederhessen; 10. Oberhessen; 11. Westerwald; 12. Oberpfalz.

A. Das süddeutsche Gebiet

In Oberbayern ist am Alpenrand eine 150 km lange und 10–15 km breite Zone durch Kohlenvorkommen ausgezeichnet. In einer buntwechslenden Schichtenfolge von Meeres-, Brack- und Süßwasserablagerungen toniger, mergeliger oder auch sandiger Art der mittleren Tertiärzeit („Molasse“) sind oft 20–30 übereinander liegende, meist geringmächtige Flöze beschränkter Erstreckung in oberoligozäne Süßwasserbildungen eingelagert. Diese ganze Schichtenfolge wurde durch die alpine Gebirgsbildung in Falten gelegt, steilgestellt, gequetscht und durch Verwerfungen zerstückelt; dabei wurde die

Kohle durch die gewaltigen Druckwirkungen in die äußerlich steinkohlen-ähnliche Pechkohle (S. 24, 98) umgewandelt und veredelt. Nur wenige Flöze können auf Grund ihrer günstigeren Lagerung, größeren Mächtigkeit (0,70 bis 1 m, selten bis 2 m) und durch ihr Zusammenvorkommen mit anderen nutzbaren Gesteinen (Zementmergel) gewonnen werden. Der Bergbau ist ein dem auf Steinkohle entsprechender Tiefbau mit bis 800 m tiefen Schächten. Die wichtigsten Bergbauorte sind Peißenberg-Peiting, Penzberg, Hausham. Trotz der durch den verwickelten Gebirgsbau, die geringe Mächtigkeit und unregelmäßige Ausbildung der Flöze gegebenen Erschwerungen kann sich der Bergbau auf die wegen ihres hohen Heizwertes als Haus- und Industriebrand geschätzte Kohle halten, da die beiden Industriestädte München und Augsburg in der Nähe liegen, die Wettbewerbsfähigkeit z. B. der Steinkohle durch weiten Transport belastet ist, und da schließlich vielfach mit der Pechkohle zusammen andere nutzbare Gesteine auftreten.

Kleinere Vorkommen holziger oder erdiger Braunkohle jüngerer Alters sind im ganzen Alpenvorland weit verbreitet; neben miozänen gibt es auch eine Reihe diluvialer Lagerstätten. In ihnen wurde der Torf durch den Druck der bis 900 m mächtigen Alpengletscher zu braunkohlenähnlicher, z. T. sehr fester Beschaffenheit („Schieferkohle“) umgeprägt: Sonthofen, Großweil b. Kochel, Wasserburg a. Inn.

Bedeutsamer sind die obermiozänen Vorkommen der Oberpfalz, die vor allem um Schwandorf, Haidhof und Wackersdorf (Südrand des Bayrischen Waldes) z. T. in modernen Tagbau-Betrieben abgebaut werden. Die in Mehrzahl übereinander liegenden Flöze erreichen Einzelstärken von $2\frac{1}{2}$ —4 m, ihre Gesamtmächtigkeit kann auf über 20 m steigen (Wackersdorf). Die erdige oder holzige Kohle wird brikettiert oder dient zur Erzeugung elektrischer Energie, soweit sie nicht als Kesselkohle von sonstigen Industrien direkt verfeuert wird. Mit der Kohle zusammen treten Diatomeenerde, vor allem aber sehr wertvolle Tonlager auf; bei Wackersdorf wird auch ein an der Oberfläche liegendes, bis 6 m starkes Torflager mitgewonnen¹⁾. Weitere Braunkohlenvorkommen liegen bei Schmidtgaden und weiter im Norden um Schirmding—Hohenberg; im Süden um Passau, Straubing, Regensburg liegende Vorkommen haben höchstens örtliche Bedeutung.

B. Westdeutsches Gebiet

(Ostgrenze: Harz, Thüringer Wald)

1. Niederrhein

Von Bonn an bis gegen Duisburg durchströmt der Rhein die Niederrheinische Bucht, ein dreieckiges, von Tertiärablagerungen erfülltes Senkungsgebiet im Rheinischen Schiefergebirge. Es wird ab Bonn gegen Nordosten zu

¹⁾ Vgl. S. 117.

von dem niedrigen Höhenzug des Vorgebirgs oder der „Ville“ durchzogen; in ihm treten bei Köln ungeheure Braunkohlenlager auf, die zu den größten Deutschlands gehören. Die Mächtigkeit des Flözes und seiner als Ton und Sand mit einer Schotterüberlagerung ausgebildeten Begleitschichten wechselt im Zusammenhang damit, daß der in Schollen zerstückelte Untergrund in sehr verschiedenem Maße während und nach der Flözbildung absank. So wurden die Ablagerungen teils schon ursprünglich in verschiedener Mächtigkeit angelegt, z. T. sind sie weiterhin in sehr unterschiedlichem Grad der Abtragung ausgesetzt worden. Die Kohle wurde bis vor kurzem für Untermiozän gehalten; neuere Untersuchungen haben ein höheres, oberoligozänes Alter sehr wahrscheinlich gemacht.

Das ebenerliegende, sehr reine Kohlenflöz wird meist nur von wenigen Metern Sand und Schotter überlagert und erreicht vielfach die erstaunliche Mächtigkeit von über 60 m, ja sogar über 100 m (Gruben „Vereinigte Ville“, „Beisselsgrube“, „Fortuna“ b. Bergheim). Unter diesen und anderen günstigen Umständen (mäßiger Grundwasserandrang!) hat sich hier ein gewaltiger Bergbau entwickeln können, dessen riesige Tagbaubetriebe mit allen Errungenschaften neuzeitlicher Technik ausgestattet sind (Abb. 62). Neben den schon genannten Gruben erwähnen wir noch „Gruhlwerk“ b. Brühl, „Wachtberg“ b. Frechen, „Fischbach“ b. Horrem. Die z. T. stückige („Knabbenkohle“), z. T. erdige Humuskohle wird in großem Umfang brikettiert. Überdies befindet sich hier im Goldenberg-Werk eine der größten Überlandzentralen Deutschlands.

Die Kohle hat auch schon reichliche Pflanzenreste geliefert; erwähnenswert sind schichtweis sehr reichlich auftretende Palmenstämme und gewaltige Stämme und Stümpfe von Mammutbäumen (*Sequoia sempervirens*), deren einer (Grube Donatus 1907) 2,76 m Durchmesser bei $2\frac{1}{2}$ m Höhe aufwies. In den südlich bei Brühl gelegenen Gruben „Lukretia“, „Berggeist“ und „Donatus“ fanden sich besonders viel sphärosideritisch-versteinerte Hölzer (S. 44, Abb. 15).

Das Vorkommen bedeutender Braunkohlenflöze ist nicht auf die Ville beschränkt; vor dem Ostrand der Eifel treten bei Düren im sogenannten Rurtalgraben 20—30 m mächtige Flöze auf (Tagbaue Konzendorf, „Lucherberg“, „Zukunft“ b. Weisweiler). Das stellenweise in ungeheuren Mengen in der Kohle auftretende Holz ist eine Erschwerung des Bergbaus. Die das Flöz überlagernden Sande sind reich an Koniferenzapfen (S. 49), Früchten und Samen; das fossile Vorkommen von *Sciadopitys* wurde bereits erwähnt (S. 42). Die Kohle wurde lange Zeit für sehr jung (pliozän) gehalten; heute ist ihr gleiches Alter gegenüber den Villekohlen erwiesen (S. 104).

Zwischen den beiden besprochenen Vorkommen breitet sich die Erftniederung; hier wurden in den letzten Jahren weitere gewaltige Kohlenschätze durch Bohrungen festgestellt. Ihre Ausbeutung bleibt der Zukunft vorbehalten: Wenn in etwa 40 Jahren die Lager bei Ville erschöpft sind und man die technische Möglichkeit des Abbaus von Kohlen unter einer mehrere

hundert Meter mächtigen Überlagerung durch lockere Schotter u. a. gefunden haben wird.

Von den vielen weiteren, aber durchwegs unbedeutenden Kohlenvorkommen am Niederrhein soll nur noch die „Blätterkohle“ von Rott bei Siegburg (Nordrand des Siebengebirges) genannt werden. Als Faulschlamm-bildung (S. 4, 24) ist sie reich an Kieselgehäusen von Diatomeen und daher polierschieferähnlich. Sie blättert in dünnen Lagen auf („Pappendeckelkohle“) und ist durch ihren Gehalt an Tier- und Pflanzenresten berühmt geworden. Neben Mollusken, Amphibien und einzelnen Säugetieren kennt man aus ihr Spinnen und Insekten, letztere z. T. sogar in Larvenstadien; von den Pflanzenresten zeigen z. B. die Flugsamen von Korbblütlern (*Compositae*) noch deutlich ihren Haarkranz (Pappus).

2. Westerwald

Die flachhügelige, von Tälern zerschnittene Hochfläche des Westerwaldes ist weithin von braunkohlenführenden Tertiärablagerungen bedeckt. Von besonderem Interesse ist hier das deckenartig ausgedehnte Auftreten vulkanischer Gesteine, vor allem des Basalts. Solche Basaltdecken lagern sowohl unter der Braunkohle (Sohlbasalt) wie auch über ihr, bzw. den Tertiärablagerungen (Dachbasalt). Daß auch der Sohlbasalt jünger ist als die überlagernde Braunkohle, daß er sich also erst nach ihrer Ablagerung als Lagergang in die tertiäre Schichtenfolge eingepreßt hat, wurde bereits S. 100f. erwähnt, ebenso die auffallend schwachen, stellenweise so gut wie fehlenden Kontaktveränderungen der Kohle. Die untermiozänen, erdigen bis xylitischen Braunkohlen (Flözmächtigkeiten von 1—3 m, selten bis 6 m) werden zwischen Marienberg und Westerbürg sowie zwischen Breitscheid und Driedorf im Tiefbau gewonnen (Industriefeuerung, Hausbrand, Überlandzentrale Höhn).

3. Oberhessen

Braunkohlen treten hier im Vogelsberg und in der Wetterau, in der Rhön und schließlich im Untermaintal auf. Ein Großteil von ihnen hat sich in einer als Fortsetzung des Rheintalgrabens von Frankfurt gegen Kassel hinziehenden Senkungszone gebildet. Die Berührung der Braunkohlen mit vulkanischen Erscheinungen hatte hier ebenso wie in dem folgenden niederhessischen Gebiet viel auffallendere Folgen als im Westerwald.

Westl. Vogelsberg, nördl. Wetterau

Untermiozäne, auch pliozäne Braunkohlen treten in Wechsellagerung mit Basalten und deren Tuffen auf. Kleinere Vorkommen sind weit verbreitet und setzen sich bis gegen Gießen fort. Bei Beuern treten Kieselgur, Dysodil und Humusbraunkohlen in z. T. vollkommenen Verlandungszyklen innerhalb von Hohlformen auf, die als „Maare“ durch vulkanische Explosionen entstanden. Das Vorkommen am Hessenbrücker Hammer bei Münster i. H. lieferte

eine reiche Flora, ebenso ein bedeutenderes, heute aber abgebautes Braunkohlenlager westlich von Bad Salzhausen; auch diese 16—25 m mächtige Braunkohle beginnt mit Sapropelbildungen und bietet das kennzeichnende Bild eines verlandeten Gewässers. Wissenschaftlich bekannt wurde sie durch eine bis 1 m starke Schicht, die hauptsächlich aus den Samen einer schwimmenden Wasserpflanze, der Krebschere (*Stratiotes kaltennordheimensis*) besteht. Eine Unzahl kleinerer Vorkommen im nördlichen, nordöstlichen und südlichen Teil des Vogelsbergs zeigt weitgehende Umwandlung an Basalt.

Wichtiger als alle bisher genannten Vorkommen ist das Hauptlager der Wetterau; in einem als Horloffgraben bekannten Senkungsgebiet liegen über Basalt bis zu 9 m, stellenweise sogar 12 m mächtige, z. T. noch torfähnliche Flöze oberpliozänen Alters, die bei Wölfersheim, Weckersheim und Hungen abgebaut werden (elektr. Energie, Brikettierung). Gleiches Alter haben die durchschnittlich 12 m mächtigen Vorkommen am Untermain zwischen Hanau und Aschaffenburg (Grube „Gustav“ b. Dettingen). Das im NO von Darmstadt gelegene Lager von Messel ist eozän; es handelt sich hier eigentlich nicht um Braunkohle, sondern um sapropelitischen Schiefer, der sehr reich an Tier- und Pflanzenresten ist.

Auch in der Rhön treten Braunkohlen in enger Nachbarschaft mit Basalt auf und zeigen z. T. starke Kontaktwirkungen, wie das untermiozäne Vorkommen am Bauersberg b. Bischofsheim (1 $\frac{1}{2}$ bis 3 m). Das Kohlenlager bei Wüstensachsen erreicht stellenweise bis zu 20—25 m Mächtigkeit. Andere Braunkohlen (mitteloligozäner Zugehörigkeit) sind unbedeutend; z. T. als Papierkohle entwickelt zeichnen sie sich aber durch vielerlei Lebensspuren aus.

4. Niederhessen (Revier Kassel)

Auch die vorwiegend miozänen, z. T. ziemlich bedeutenden Braunkohlenlager Niederhessens treten in enger Berührung mit Basalten auf. Mag auch ein bedeutender Teil der ursprünglichen Vorkommen durch vulkanische Ausbrüche vernichtet worden sein, so verdanken doch viele andre gerade ihre Erhaltung der überlagernden Basaltdecke, die sie vor der Abtragung schützte (S. 101). Ein wichtiges, bis zu 40 m (Gesamt-) Mächtigkeit erreichendes Vorkommen liegt bei Frielendorf und wird nach (z. T. durch Bagger erfolgender!) Abdeckung des Basalts im Tagbau gewonnen. Die Kohle ist teilweise als Farberde (S. 134) ausgebildet. Ebenso unter Basalt liegen die im Tiefbau ausgebeuteten Kohlen am Ronneberg b. Sontheim (7—10 m). Die 4—6 m mächtigen Flöze im Habichtswald sind am Kontakt z. T. in stengelige Glanzkohle umgewandelt. Bergbau wird heute noch am Möncheberg b. Kassel, um Ihringshausen b. Oberkaufungen und am Stellberg zwischen Wattenbach und Wellerode (besonders starke Kontakterscheinungen!) betrieben. Auch geologisch sehr bekannt durch die fast lückenlose Erhaltung der tertiären Schichtenfolge ist das wichtige Vorkommen am Hirschberg b. Groß-Almerode; die Kohle

ist auch hier durch Basalt stark veredelt (Schwarzkohle, z. T. stengelig, Abb. 53). Besonders eindrucksvoll zeigen sich solche Wirkungen auch in der unmittelbar von Basalt überflossenen Braunkohle am Hohen Meißner (Abb. 54), wo übrigens urkundlich seit 1571 Bergbau umgeht. Wahrscheinlich älter (eozän) sind die Braunkohlen von Gahrenberg (Farberde!).

C. Mitteldeutsches Gebiet

(Von Harz und Thüringer Wald bis an die Elbe)

Die in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung alle andern Vorkommen Deutschlands überragenden Braunkohlen Mitteldeutschlands gehören mit wenigen Ausnahmen (Leipzig z. T., Bitterfeld) dem Eozän an; sie liegen in festländischen Ablagerungen (Ton, Sand, Kies), über welche sich vielfach oligozäne Meeressedimente breiten, die wieder mit zuweilen sehr starken eiszeitlichen Ablagerungen bedeckt sind. Die Mächtigkeit der Flöze erreicht zuweilen (Geiseltal!) Beträge, wie sie sonst nur noch aus dem Rheinland bekannt sind. Sie zeichnen sich weiter durch große Verbreitung und vielfach auch durch besonders hohen Bitumengehalt aus.

1. Bezirk Braunschweig—Magdeburg

Reihe einzelner, z. T. von Anfang an voneinander unabhängiger, z. T. erst später durch Erosion getrennter Vorkommen. Braunkohlen von vorwiegend stückig-fester Beschaffenheit, zum Versand als Rohkohle geeignet.

Becken von Helmstedt—Oschersleben: Viele, in eine Liegend- und eine Hangendgruppe zusammengefaßte Flöze; in der Liegendgruppe Tiefbau auf 1—3 (bis 10) m mächtige Flöze; in der wichtigeren Hangendgruppe Flözmächtigkeiten bis 30 m, Tagbau.

Egeln—Staßfurter Becken: Bis 20 m mächtige Tiefbau-Flöze.

Becken von Aschersleben—Nachterstedt: Durchwegs Tagbau-Betriebe.

2. Bezirk Thüringen—Sachsen

Mit Ausnahme der miozänen Kohlen von Leipzig und Bitterfeld gehören auch diese Vorkommen dem Eozän an. Einen Eindruck von der überragenden Bedeutung gerade dieses Bezirks kann nur ein Vergleich der Produktionsziffern vermitteln, nicht aber die folgende gedrängte Darstellung, in der im allgemeinen nur die hauptsächlichsten und größten der überaus ausgedehnten und vielseitigen Lagerstätten berücksichtigt werden können.

a) **Köthener Revier:** Zusammenhängende Braunkohlenlager zwischen Köthen und Dessau. Größte Flözmächtigkeiten bei Osternienburg (16—24 m), Micheln (20 m), Groß-Badegast—Reupzig (30 m). Weitere Vorkommen bei Edderitz und Gerlebogk—Preußlitz.

b) Revier Halle—Oberröblingen: Eozäne Bildungen, z. T. marin überlagert und von Diluvium überdeckt. Die Flöze zeichnen sich im Anschnitt durch lebhaften Wechsel heller und dunkler Schichten aus (wie in Abb. 49); der hohe Bitumengehalt der Kohle zeigt sich in den hellen harz- und wachsreichen Streifen besonders angereichert. Rechts der Saale um Halle 10—30 m mächtige Flöze, die vor allem im SW gegen Leipzig zu bei Ammendorf, Bruckdorf, Gröbers usw. im Tagbau gewonnen werden (Brikettierung, Schwelerei, Montanwachserzeugung). Im Westen von Halle sind die Vorkommen von Zscherben, Nietleben und Bennstedt bedeutsam; weitere ausgedehnte Lagerstätten mit Flözmächtigkeiten bis über 26 m liegen bei Oberröblingen—Stedten bis Teutschental. Auf die vielen kleineren Vorkommen (auch südl. u. südwestl. vom Kyffhäuser) geht nur noch in der Mansfelder Mulde (Holdenstedt) Bergbau um.

c) Geiseltal (südwestlich v. Merseburg). Die Großartigkeit der Vorkommen gibt diesem Gebiet eine ganz besondere Stellung. Die unregelmäßige Ausbildung und schwankende Mächtigkeit der Flöze wird durch das Relief des Untergrunds (Abb. 47) ebenso bedingt wie durch glaziale Stauchungen, Erosionserscheinungen, und schließlich auch durch Bodensenkungen schon während der Flözbildung, die durch Salzauslaugung in Untergrund bewirkt wurden (s. S. 94). Stellenweise nur wenige Meter stark erreicht das Flöz mehrfach (Möckerling, Runstädt) Mächtigkeiten von gegen 100 m, wie sie sonst nur noch aus dem Rheinland bekannt sind. Die übrigens von unten nach oben verschieden ausgebildete Kohle zeigt besonders in der oberen Flözhälfte streifige Bänderung durch helle, besonders bitumenreiche Lagen. Sie wird in ausgedehnten Tagbauen unter Heranziehung aller technischen Errungenschaften abgebaut und zu Briketts verarbeitet; vor allem aber gehen dem nahegelegenen Leunawerk täglich ungeheure Mengen (1920: 9000 t) zu. Trotz dieser Ziffern ist mit einer Erschöpfung erst in 100 Jahren zu rechnen. Wichtige Bergbauorte und Gruben sind: Kämmeritz („Cecilie“; ebenso wie „Leonhard“ b. Neumark, berühmt durch reiche Tierfunde in neuerer Zeit, S. 65); Möckerling („Elisabeth“, 80 m); Kayna („Rheinland“, „Michel“, „Vesta“); Beuna (20 m); Wernsdorf („Pfännerhall“); Zorbau („Elise II“, 60 m); Lützkendorf.

Außerhalb des eigentlichen, 12 km langen und 4 km breiten Geisel„tals“ liegen noch größere Vorkommen bei Roßbach (18 m) und bei Dörstewitz—Rattmannsdorf; diese Kohlen eignen sich infolge hohen Bitumengehalts besonders zur chemischen Verarbeitung, z. B. Verschwelung.

d) Zeitz—Weißensefelder Revier. Gleichfalls sehr bedeutendes, zu selbständiger Entwicklung gelangtes Braunkohlengebiet. Flöze zuweilen stark durch eingelagerte Mittel zerteilt, 10—15 (bis 26) m mächtig. Die Beschaffenheit der Kohle schwankt in horizontaler wie in vertikaler Richtung; streifiger Aufbau der Flöze (Abb. 49) aus hellen und dunklen Lagen (Schwelkohle, Brikettkohle). Die Lagerstätte wird in zahlreichen Tagbauen ausgebeutet und z. T. brikettiert. Eine erhebliche Menge wird aber in chemischen Fa-

briken verarbeitet. Wichtige Bergbauorte sind Deuben, Gaumnitz, Luckenau, Streckau, Trebnitz u. a. m. In diesem Revier fand sich früher besonders viel Pyropissit (S. 24), eine hellem Ton äußerlich sehr ähnliche und daher früher vielfach verkannte Schwelkohle reinster Ausprägung. Dieses für den Schwelprozeß höchstwertige Material ist so gut wie ganz abgebaut.

e) Revier Meuselwitz—Rositz—Altenburg. 10—15 m (stellenweise bis 20 m) mächtige Flöze, die besonders auffallende eiszeitliche Einwirkungen zeigen: Starke, durch den streifigen Flözaufbau besonders anschauliche Stauungen, von Ausstrudlungen zernarbte Flözoberfläche. Bergbau um die genannten Orte.

f) Revier Borna (Nordwest-Sachsen). Besonders gute Ausbildung der mittelligozänen Meeresschichten über dem Braunkohleneozän; sie führen Phosphorit-Knollen mit Fossileinschlüssen (Haifischzähne, Krabbenreste). Zusammenhängende Verbreitung zweier ziemlich ungestört lagernder Flöze über das ganze Gebiet. Gesamtmächtigkeit 17—20 m. Vorwiegend erdige gebänderte Kohle hohen Bitumengehalts: Teer- und Montanwachsgewinnung, Brikettierung. 10 Großtagbaue, u. a. Böhlen b. Leipzig (Großkraftwerk, Großschwelerei), Borna, Lobstädt, Deutzen, Wyhra, Frohburg.

g) Revier Bitterfeld—Gräfenhainichen. Die jüngeren, miozänen Kohlen dieses Reviers schließen sich geologisch schon an das ostdeutsche Gebiet an. Das Braunkohlentertiär besteht hauptsächlich aus Quarzsanden und fetten Tonen. Das Flöz erreicht bei Bitterfeld 6—15 m Mächtigkeit. Es ist vielfach durch die Rinnen eiszeitlicher Schmelzwässer geschwächt und an seiner Oberfläche von gletschertopfartigen Ausstrudlungen zerfressen. Unter den Bergbaustätten muß neben Bitterfeld und Gräfenhainichen vor allem das Großkraftwerk Golpa—Zschornowitz (S. 134) genannt werden, das Leipzig und Berlin mit Strom beliefert.

D. Ostdeutsches und norddeutsches Gebiet

Die Braunkohlen dieses ostelbischen Bereichs gehören fast durchwegs dem Miozän an, und zwar zum größten Teil seiner oberen Abteilung. Sie lagern zwischen weißen Quarzsanden und hellen Tonen (Lausitz) oder werden — wie in der mittleren und nördlichen Mark Brandenburg — von dunklen Sanden und Letten begleitet.

1. Lausitzer Bezirk

Die Kohlenlagerung ist durch das darübergegangene Inlandeis stark gestört (Abb. 48).

a) Niederlausitz. Die Braunkohlenvorkommen erreichen hier in der Gegend um Senftenberg derartig großartige Ausmaße, daß dieses Revier zu den bedeutendsten in Deutschland gehört. Von den beiden auftretenden Flözen wurde das 22—25 m mächtige Oberflöz (heute größtenteils abgebaut!)

durch die eiszeitliche Erosion sehr zerstückelt; wissenschaftlich bekannt wurde es durch seine acht wohlausgeprägten Stubbenhorizonte mit mächtigen Baumstümpfen und dazwischenliegenden Stämmen, deren genaue Vermessung durch TEUMER uns ein eindrucksvolles Bild dieser „Waldfriedhöfe“ vermittelte (Abb. 5—8).

Das heute fast allein noch nutzbare Unterflöz ist durchschnittlich 12 m stark. Entsprechend dem geringen Bitumengehalt werden mehr als $\frac{4}{5}$ dieser ausgesprochenen Humuskohlen brikettiert; durch Sandeinlagerungen dafür unbrauchbare Kohle wird von den Werken selbst verfeuert. Von den großartigen, weithin bekannten Tagbauen nennen wir die Gruben Erika, Marga, Werminghoff, Clara III, Lauchhammer, Plessa, Ilse, Anna Mathilde, Renate, Marie I, II, III, u. a.

b) Forster Revier. Die unter ähnlichen Verhältnissen wie in der Niederlausitz auftretenden Kohlen werden vor allem im Tiefbau um Kottbus, Muskau (Tschöpelner Werke!), Weißwasser und Sorau abgebaut. Die oft sehr merkwürdigen, durch starken Eisschub bedingten Lagerungsformen (Faltenbildung, Schollenzerstückelung und -überschiebung, Flözverdoppelung, vgl. Abb. 48) sind in letzter Zeit durch wissenschaftliche Untersuchungen bekannt geworden.

c) Oberlausitzer (Görlitzer) Revier. Neben den ehemals wichtigen Vorkommen von Klein-Saubernitz b. Bautzen und Moys b. Görlitz ist vor allem das 16 km lange und 7 km breite Zittauer Becken hervorzuheben. Die sich auf zahlreiche Flöze verteilende, insgesamt 40—70 m mächtige Kohle ist z. T. (Hirschfelde!) durch übergroßen Harzgehalt sehr bitumenreich und findet dementsprechende Verwertung. Das kleine, durch das Auftreten fossilreicher Polierschiefer bemerkenswerte Lager von Seifhennersdorf nimmt im Hinblick auf sein höheres (oberoligozänes) Alter eine Sonderstellung ein.

2. Schlesien

Zahlreiche kleinere Vorkommen am Sudetenrand, in der Oderebene um Oppeln und im Gebiet des Katzengebirges: Freystadt, Gegend südlich von Beuthen, Glogauer Gebiet.

3. Oder-Bezirk

Das Alter der hier auftretenden „Märkischen Braunkohlenformation“ ist innerhalb des Miozäns noch nicht genau geklärt. Die Flöze sind in ihrer Lagerung durch Eisdruck erheblich gestört und zerstückelt. Wichtigere Bergbaustätten liegen in der nördlichen Niederlausitz, in Nordschlesien und in der südlichen Neumark: Grünberg (3—10 m), Guben, Ziebingen, Schwiebus, Meseritz, Schermeisel, Drossen.

Wichtiger als die kleinen Vorkommen um Küstrin und Stettin sind weiterhin die um Müncheberg, Petershagen und Frankfurt a. O. (Grube Finkenheerd, 11 m Mächtigkeit, Tief- u. Tagbau). Im übrigen tritt ein 1—4 m mächtiges Flöz auch im Untergrund der Reichshauptstadt auf.

4. Nord- und Nordost-Deutschland

Miozäne, 2—4 m mächtige Braunkohlen in z. T. durch Verwerfungen stark gestörter Lagerung sind durch Bohrungen in Schleswig-Holstein und auch im Untergrund Hamburgs nachgewiesen. In Mecklenburg werden oligozäne Flöze bei Malliß und Bockup gewonnen. Der Bergbau auf die Lagerstätten der Prignitz (Guhlitz, Perleberg, Wittstock) ist zum Erliegen gekommen. Auch die Vorkommen von Hinterpommern und der Provinz Preußen („Samländische Braunkohlenformation“) werden heute kaum noch abgebaut.

E. Zusammenvorkommen anderer nutzbarer Ablagerungen mit Braunkohle

In engster Anlehnung an Braunkohlenvorkommen treten oft andere nutzbare Gesteine auf, deren Entstehung z. T. mit den Vorgängen um die Braunkohlenbildung zusammenhängt, oder die durch die Nachbarschaft der Flöze zu besonderer Ausbildung beeinflusst wurden. Natürlich handelt es sich in vielen andern Fällen auch nur um rein zufällige Zusammentreffen. Die Mitgewinnung solcher z. T. sehr wertvoller Begleitschichten kann in erwünschter Weise die Wirtschaftlichkeit des Braunkohlenbergbaus steigern, ja der Abbau kleinerer Vorkommen ist zuweilen überhaupt erst dadurch möglich geworden.

Uralt, zuweilen (Muskau!) älter als die Nutzung der Kohle zu Feuerungszwecken, ist der Alaunbergbau. Er war gerichtet auf die Gewinnung von „Alaunerz“-Flözen, also markasitreicher¹⁾ Kohlen (Oberpfalz, Bornstedt b. Eisleben, Hillscheid i. Westerwald, Groß-Almerode b. Kassel) und begleitender Alauntone und -schiefer (Siebengebirge, Oberkaufungen b. Kassel, Werdershausen b. Halle, Muskauer Revier). Durch die künstliche Alaunherstellung kam dieser Bergbau im vorigen Jahrhundert ganz allgemein zum Erliegen.

Auch die zuweilen der Kohle benachbarten Eisenerz-Vorkommen (Toneisenstein, Sphärosiderit, Raseneisenerz) wurden früher gewonnen, z. B. in der Oberpfalz.

Die 6 m mächtigen, mitgewinnbaren Torflager im Hangenden der Kohle von Wackersdorf (Oberpfalz) bezeugen in diesem Gebiet das Fortdauern der schon für die Braunkohlenbildung wichtigen Senkungsvorgänge bis in die Gegenwart.

Durch die Nutzbarkeit von Zementmergeln und Bausandsteinen wird der oberbayrische Pechkohlenbergbau z. T. sehr wirksam wirtschaftlich unterstützt.

¹⁾ Durch Zersetzung des in der Kohle vorhandenen Schwefeleisens kommt es zur Alaunbildung; vgl. S. 20.

Das Mitaufreten vielerorts genutzter Lehme zur Ziegelherstellung und von Sand und Kies zu Bauzwecken ist natürlich ebenso wie der vorhin erwähnte Fall rein zufällig. Feine glimmerreiche Meeressande werden bei Leipzig (Zwenkau) als Formsand verwertet. Kohlzig-durchsetzte Lehme und Tone sind das sehr geschätzte Material zur Herstellung poröser Bausteine.



Abb. 57. Bleichung durch Humussäuren: Entlang einer Spalte ist ein jetzt in Braunkohle umgewandeltes „Wurzeltuch“ in eisenschüssigen Sandstein eingedrungen. Die von der inkohlten Pflanzensubstanz ausgehenden Humussäuren haben ringsum eine hell hervortretende Bleichzone geschaffen. Komotau (Böhmen).

Aufn. K. A. JURASKY.

Ein besonders augenfälliger Zusammenhang mit der Kohlenbildung besteht hinsichtlich des Auftretens und der Ausbildung mächtiger Kaolin-, Ton- und Quarzsandlagerstätten, die heute weitaus die wichtigsten, im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau gewinnbaren Nutzgesteine darstellen. Die von den Braunkohlenmooren und ihren Ablagerungen ausgehenden, mit ungesättigten Humussäuren beladenen „Schwarzwässer“ wirkten auf die feldspathaltigen Gesteine der Nachbarschaft ein und führten zur Entstehung von Kaolinlagern; sie lösten weiterhin Kalk, Eisen und Mangan aus den benachbarten Gesteinen, die dadurch z. T. als sehr reine weiße Tone und Quarzsande vorliegen und durch ihre besonderen Eigenschaften zu überaus wertvollen Rohstoffen ganzer großer Gewerbe und Industriezweige geworden sind.

Sehr wichtig sind die Lagerstätten feuerfester Tone, die zu feuerfesten Steinen, Chamottewaren, als „Kapseltone“ zu feuerfesten Kapseln für die Porzellanfabrikation, zu Tonröhren, Steingut u. a. keramischen Erzeugnissen verarbeitet werden. Wichtige Stätten der keramischen Industrie liegen im Westerwald, in der Oberpfalz (Schwandorf), in der Gegend von Halle a. S., um Bitterfeld und um Muskau (Muskauer Töpferton!).

Das Auftreten von reinen Quarzsanden führte z. B. in der Niederlausitz zur Entstehung großer Glasfabriken. Zu erwähnen sind auch die Braunkohlenquarzite, block-, knollen- oder bankförmige Partien durch Kieselsäure überaus stark verfestigten Quarzsands (Abb. 58), die für die Herstellung feuerfester Hochofenauskleidungen Bedeutung haben.

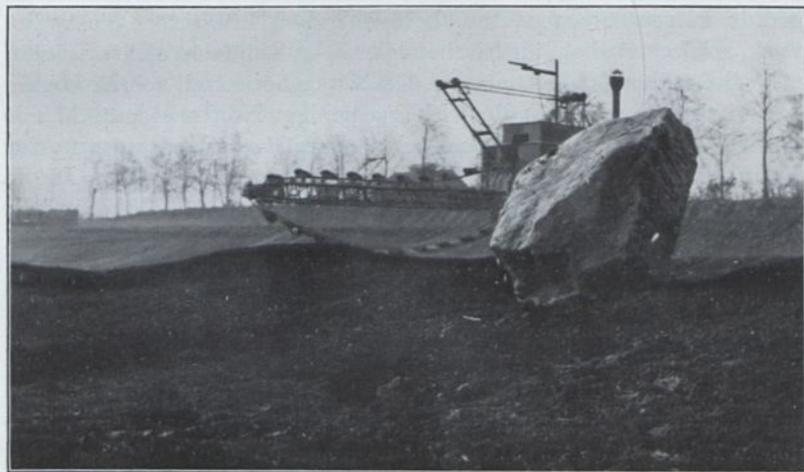


Abb. 58. Freigelegter Braunkohlen-Quarzit („Quarzfindling“) im Hangenden der Grube Lukretia b. Köln. Beachtenswert die geringe Überlagerung des Flözes: rechts eine Landstraße. Aufn. K. A. JURASKY, 1927.

V. Der Bergbau auf Braunkohle

Die Braunkohle liegt an vielen Stellen Deutschlands derart nahe der Oberfläche, daß sie wohl immer wieder einmal z. B. durch die Tätigkeit der Flüsse oder des Windes freigelegt wurde und vorübergehend zutage trat. An der Luft entzündet sie sich aber leicht von selbst, es kommt zu „Erdbränden“, deren Spuren wir in rotgebrannten Ton- und Lehmschichten noch mancherorts begegnen. So mag der Mensch schon zu Urzeiten die Braunkohle als „brennbare Erde“ kennengelernt haben. Bis zu Ende des Mittelalters hatte er indessen kaum Veranlassung, sich Gedanken über ihre Verwertbarkeit zu machen; Deutschland war ein walddreiches und keineswegs überwölkertes Land. Holz war meist reichlich gegeben und leicht gewinnbar; es hatte die handliche Form und auch sonst die gegebenen

Eigenschaften für seine damaligen Herdstätten und ließ sich außerdem für den Bedarf der damaligen Industrien leicht in die Form der Holzkohle überführen. Die erdig-zerfallende, schmutzende Masse der Braunkohle war zu dieser Zeit einfach nicht brauchbar. Wir erfahren aus Urkunden, welche Schwierigkeiten noch im 17. Jahrh. die Einstellung der Bevölkerung dem damals im Meuselwitzer Revier gerade aufgenommenen Braunkohlenbergbau bereitete: Sie wollte von „solch brenzlich übelriechendem Zeug“ einfach nichts wissen!

Viel früher freilich mögen, der Not gehorchend, die Bewohner der riesenhaft-ausgedehnten Moorgegenden Nordwestdeutschlands (z. B. Frieslands) mit der Nutzbarkeit dem Boden entnommener Brennstoffe, nämlich des Torfs, vertraut geworden sein. Die in diesen Gebieten nicht allzu reichlich vorhandenen Wälder durften überdies als Weide- und Maststätten für das Vieh (Hudewälder) nur in stark beschränktem Maß zur Holznutzung herangezogen werden, und auch dieses Holz mußte vor allem Bauzwecken und Deichbefestigungswerken zugeführt werden. Die Nutzbarmachung des Torfs als Feuerungsmaterial war hier eine grundlegende Voraussetzung dauernder Siedlungsmöglichkeit. Die Nutzung der Torflager in diesen Gegenden mag im benachbarten Mitteldeutschland als eine merkwürdige und erstaunliche Besonderheit bekannt geworden sein; es ist jedenfalls bemerkenswert, daß gerade hier die ersten Stätten des Braunkohlenbergbaus bis in das 19. Jahrh. hinein urkundlich als „Torfgruben“ bezeichnet werden.

Der durch die weitgehende Entwaldung immer fühlbarer hervortretende Mangel an Brennholz zwang aber schließlich zur Verwertung „brennbarer Steine und Erden“. Dies scheint zuerst in Westdeutschland der Fall gewesen zu sein, denn hier lassen sich die Anfänge des Bergbaus fast durchwegs bis mindestens in das 16. Jahrh. zurückverfolgen¹⁾. So im Westerwald, wo schon damals der Holzkohlenverbrauch der dort ansässigen Eisenindustrie den Wald bedenklich gelichtet hatte, — im Rheinland (Ville b. Köln 1549) und am Hohen Meißner (1571). In Mittel- und Ostdeutschland scheint der Bergbau auf Braunkohle im allgemeinen erst im 17. und 18. Jahrh. eingesetzt zu haben (Meuselwitz 1671, um Halle 1691, um Braunschweig—Magdeburg und in vielen Gegenden Ostelbiens

¹⁾ Auch in Süddeutschland geht der Bergbau auf die allerdings infolge ihrer Beschaffenheit eine Sonderstellung einnehmende Pechkohle so weit zurück!

Anf. d. 18. Jahrh., vor 1673 an der Oder, um 1740 im Zittauer Becken).

In manchen Gegenden bewegte sich Bergbau oft schon lange zuvor in Berührung mit Braunkohle; er hatte es aber lediglich auf Alaungewinnung aus (unreiner) Kohle und begleitenden Alauntonen abgesehen.

Es ist klar, daß sich der Braunkohlenbergbau bis ins 19. Jahrh. hinein in kleinem Ausmaß und in einfachen Formen vollzog. Der „Kuhlenbau“ grub eng aneinanderliegende Schächte in das Flöz — bis der Grundwasserspiegel unabänderlich Halt gebot. Ein ausgebeuteter Schacht wurde immer mit dem Abraum des wenige Meter davon entfernten neuen zugeschüttet. Im „Tummelbau“ wagte man es schon, von den Schächten aus Stollen („Strecken“) in das Flöz hineinzutreiben, die durch die Kohलगewinnung zu größeren Hohlräumen erweitert wurden, bis sie wegen Einsturzgefahr verlassen werden mußten. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete der „Pfeilerbau“ mit seiner wohlüberlegten Anordnung unberührt bleibender Stützpfiler (Abb. 59). Wo die Überlagerung durch harte, den damaligen Werkzeugen undurchdringliche Basaltdecken das Eindringen von oben unmöglich machte, trieb man von den Talhängen aus Stollen seitlich ins „Gebirge“ (Westerwald, Meißner).

Zu wirklich größerer wirtschaftlicher Bedeutung im heutigen Sinne gelangte der Bergbau erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch die Brennstoffbedürfnisse der sich fieberhaft entwickelnden Industrie — und sein gewaltiger Aufschwung zur Entwicklungshöhe von heute begann um die Jahrhundertwende durch die in der Brikettierung geschaffene Möglichkeit, das erdige Material in versandfähige und handlichsaubere Form zu bringen und es in seiner Heizkraft zu steigern, durch die Entdeckung von vielerlei neuen Möglichkeiten der Verwertung (Elektrizität, chemische Industrie), durch die Entfaltung der Verkehrstechnik und nicht zuletzt durch Erfindung gewaltiger Baggermaschinen, die geeignet waren, die Flöze durch Entfernung des darüber lagernden Abraums zu entblößen und die Kohle in Tagbaugruben unter weitgehender Ausschaltung von Menschenkraft in ungeheuer erscheinenden Mengen zu fördern. Im übrigen hatte die heutige großartige Form des Braunkohlenbergbaus die Schaffung derart leistungsfähiger Pumpen zur Voraussetzung, daß sie das eindringende Grundwasser bewältigen konnten; noch vor hundert Jahren waren die Möglichkeiten des Bergbaus gerade durch das Grundwasser eng begrenzt.

Ist in einem Gebiet das Vorkommen von Braunkohle erwiesen oder durch geologische Beobachtungen wahrscheinlich gemacht, geht man daran, den Untergrund durch oft Hunderte von Metern in die Tiefe greifende Bohrungen zu erkunden. Es gilt zu erfahren, ob ein oder mehrere bauwürdige Flöze vorhanden sind, welche Mächtigkeit sie besitzen, wie stark sie überlagert werden und ob die Deckgesteine locker (Schotter, Kies, Sand, Ton) oder fest (Basalt!) sind.

Von besonders günstigen Ausnahmefällen abgesehen, kann ein eindeutiges Bild der Lagerstätte nur durch eine Mehrzahl solcher Bohrungen vermittelt werden (Abb. 48), denn auch Feststellungen über Gleichmäßigkeit der Flözausbildung, seine Flächenausdehnung und die ungestört ebene oder mehr minder gestörte Lagerungsform (Schrägstellung, Zerstückelung, Faltenbildung, Abb. 44—48) sind überaus wichtig. Neben allen diesen die Art des späteren Bergbaus und seine technische Meisterung beeinflussenden Verhältnissen sind für die Bewertung einer Lagerstätte noch eine ganze Reihe anderer Feststellungen maßgebend; da sind zunächst die technologischen Eigenschaften der Kohle zu nennen wie reine Ausbildung oder Verunreinigung durch Sand, Ton, Pyrit usw., ihre Verwertbarkeit als Brennstoff (Humuskohle, Xylit usw.) oder als Ausgangsmaterial für die chemische Industrie. Weitere Lebensfragen für die Wirtschaftlichkeit des Bergbaus bieten die Absatzmöglichkeiten (Nähe von Industrie), die verkehrstechnische Lage. Sehr bedeutungsvoll ist die Frage der „Wasserhaltung“, also die geringere oder größere Schwierigkeit der Bewältigung zudringender Grundwassermengen durch Pumpanlagen¹⁾. Und schließlich ist es auch nicht unwesentlich, ob der zu erwerbende Boden reich besiedelt und fruchtbar oder aber an seiner Oberfläche wirtschaftlich geringwertig ist (Kosten der Umsiedlung von Dörfern!).

Stärke und Art der Überlagerung entscheiden, ob die Kohle im Tiefbau oder in dem billigeren Tagbaubetrieb gewonnen werden kann. Während noch vor wenigen Jahren der Tagbaubetrieb davon abhängig gemacht wurde, daß das Verhältnis von $\frac{\text{Überlagerung}}{\text{Flözstärke}}$ den Wert $\frac{2,5}{1}$ keinesfalls überstieg, ermöglicht der heutige Stand der Technik vielfach die lohnende Tagbaugewinnung weit tiefer liegender Kohlen bei sonst günstigen Verhältnissen $\left(\frac{5}{1}\right)$.

¹⁾ Die zu hebenden Wassermengen betragen bis zu 120 cbm/min.!

Weniger als $\frac{1}{5}$ der deutschen Braunkohlenförderung kommt gegenwärtig aus unterirdischen Bergwerken; das ist verständlich angesichts der hohen Kosten dieser Betriebsart, bei der auch bei dem heutigen Stand der Technik nur 50—70 % der Kohle gewinnbar sind (Abb. 59), maschinelle Abbauverfahren sich nur in beschränktem Maße anwenden lassen und überdies große Mengen von Grubenholz verbraucht werden; auch an die Kenntnisse und Erfahrungen der Arbeiterschaft müssen beim Untertagebetrieb ungleich höhere An-



Abb. 59. Freilegung einer alten Tiefbau-Anlage zur Gewinnung der ehemaligen Stützpfeiler im Tagbaubetrieb. Beleg für die hohen Abbauverluste im Tiefbau! Grube Schade bei Meuselwitz.

forderungen gestellt werden. Aber freilich wird man später einmal keine Wahl haben; die S. 141 gegebenen Zahlen zeigen, daß weitaus der größte Teil der deutschen Braunkohlevorräte auch bei weiterer Vervollkommnung der technischen Ausrüstung nur im Tiefbau gewinnbar ist, so daß der heute herrschende Tagbaubetrieb im Laufe der Jahrzehnte mit fortschreitender Erschöpfung der geeigneten Lagerstätten immer mehr zurücktreten muß, die Zukunft gegenüber der Gegenwart also vollkommen veränderte Verhältnisse bringen wird.

Die heutige Form unterirdischer Braunkohlegewinnung ist der Pfeilerbruchbau. Von einem Schacht oder vom Ende eines schräg in die Tiefe gehenden Stollens aus erstreckt sich ein Netzwerk von Haupt- und Nebenstollen („Strecken“) in das Kohlenflöz hinein; die Gewinnung beginnt am Außenrand des Abbaugebiets und schreitet von da zurück; Pfeiler an Pfeiler der Kohle werden abgefahren, die entstehenden Hohlräume durch Holzverkleidung („Zimmerung“) und Tragstempel zunächst sorgsam abgestützt, solange in ihnen der Abbau vor sich geht. Später sucht man das kostbare Holz soweit als möglich wieder zurück zu gewinnen; das „Rauben der Zimmerung“ gelingt aber nur in bescheidenem Ausmaß, denn bald brechen die meist lockeren Deckgesteine ein und mit fortschreitendem Kohlenabbau entstehen auch übertage weite Einbruchfelder, die der Landschaft ein wüstenhaftes Aussehen geben, bis sie sich später nach endgültigem Verlassen des Grubenfeldes mit dem wieder ansteigenden Grundwasser füllen und versumpfen (Abb. 65). Es ist klar, daß im Tiefbau schon aus Sicherheitsgründen oft genug erhebliche Kohlenmengen ungewinnbar bleiben (Abb. 59). Man sucht diese Verluste und die Bruchgefahr durch „Spülversatz“ zu verringern: die entstehenden Hohlräume werden mit Sand zugeschlämmt.

Die Bilder, die sich bei der Befahrung eines Braunkohlentiefbaus bieten, ähneln natürlich in manchen Zügen denen aus Steinkohlenbergwerken, die aber meist trockener zu begehen sind; hier aber tropft oft alles von Feuchtigkeit, dicke harte Stränge von Pilzen umspinnen die Zimmerung und in schneeweißen, merkwürdig geballten Formen hängen die watteähnlichen Geflechte ihrer Zellfäden vom Stollendach (Abb. 60).

Der Anblick eines modernen Tagbaubetriebs gehört zu den großartigsten technischen Eindrücken unserer Zeit; besser als die wenigen Worte, die im enggespannten Rahmen dieses Abschnitts auf seine Schilderung verwendet werden können, werden die Bilder 61—63 die Verhältnisse veranschaulichen können. Sein wichtigstes Werkzeug sind die von Jahr zu Jahr immer gewaltigere Ausmaße annehmenden Baggermaschinen, die auf wuchtigen Gleisen oder neuerdings auch auf Raupen fortbewegt werden. Sie legen zunächst durch Entfernung der überlagernden Gesteine ein größeres Feld der Flözoberfläche frei (Abb. 61). Der von ihnen geförderte Abraum wird von meist elektrisch betriebenen Eisenbahnen zunächst zu gewaltigen Halden aufgeschüttet, später fortlaufend in die „ausgekohlten“ Teile der Grube eingefüllt. Durchschnittlich

entfallen 80 % der Betriebskosten im Tagbau auf die Abraumbeseitigung. Nun kann der Abbau der Kohle selbst beginnen; ein sich von Jahr zu Jahr zu immer größeren Ausmaßen ausweitender Tagbau entsteht. Bei ihrer oft so großen Mächtigkeit müssen die Flöze meist in mehreren übereinanderliegenden Stufen abgebaut werden. Auf ihren Plattformen bewegen sich die Bagger und nagen — sich langsam seitwärts weiterschiebend — die Kohle ab. Immer wieder



Abb. 60. Pilzbehang an der Dachzimmerung eines Braunkohlenbergwerks-Stollens (*Polyporus vaporarius*). Grube Faulbach b. Gr.-Almerode. Aufn. K. A. JURASKY.

müssen ihre Gleise verlegt werden, immer weiter weicht die Front steil abfallender Kohlenwände zurück, und in gleichem Schritt geht darüber die Entblößung des Flözes vom Abraum vor sich. In wenigen Jahren gewinnt der Tagbau das Aussehen eines riesenhaften vier-eckigen Kraters. Die Bagger tragen riesige, 20—30 m lange Ausleger, über die endlose Ketten mit zahnbewehrten Schaufeln laufen, die die Kohle abtrennen und aufnehmen; Tiefbagger greifen mit ihren Auslegern an den steilen Flözwänden nach abwärts, Hochbagger an ihnen aufwärts. Zur Veranschaulichung der gewaltigen Ausmaße



Abb. 61. Kohlenwände mit Tiefbagger. Tagbau Leonhard, Geiselatal (1924).

dieser Bagger (Abb. 61) nennen wir einige Zahlen aus ihrer Leistung: Die Schaufeln moderner Großbagger fassen bis zu 1 cbm Gestein (Braunkohle oder Abraum); ihre Stundenleistung liegt zwischen 500 und 3000 cbm. Dementsprechend betragen auch die Förderziffern größerer Gruben täglich 6—12000 t. Die modernste, allerdings nicht überall anwendbare Form der Abraumbewegung sind die Förderbrücken (Abb. 62). Eine riesige, bis zu 500 m lange Eisenkonstruktion überspannt den in diesem Fall langgestreckten Tagbau; die auf der einen Längsfront zur immer weiteren saumförmigen Abdeckung des Flözes durch Bagger abgeschaufelten lockeren Gesteinsmassen gelangen auf breite Laufbänder und bewegen sich über die den Tagbau überspannende Brücke nach der gegenüberliegenden Front; hier, im ausgekohlten Teil der Grube, werden sie abgelagert. Die Brücke bewegt sich auf beiderseits befindlichen Gleisen stetig weiter.

Die von den Baggern losgebrochenen Kohlen werden automatisch in bereitstehende Förderwagen eingefüllt und von Grubenbahnen auf schiefer Ebene nach oben zu den Stätten der Weiterverarbeitung gefahren. Bis vor kurzem herrschend und vielfach auch heute noch anzutreffen waren die Kettenbahnen (Abb. 63). An einer durch starke Maschinenkraft bewegten endlosen Kette laufen kleine, in kurzen Abständen zwischen die Kettenglieder eingeklinkte lorenartige Wagen gefüllt nach oben, daneben leer wieder zurück nach unten. Heute setzt sich immer mehr die Großraumförderung durch, welche die Kohle in großen, 20 t fassenden und von starken elektrischen Lokomotiven gezogenen Wagen nach den Bunkern der Fabriken schafft.

Eigenartig genug ist das Bild einer solchen Braunkohlengrube; helle, aus Sand und Ton aufgeschüttete Haldenzüge umgeben sie und schließen sie oft genug auf mehreren Seiten gegen den Blick von außen ab. Ihre Hänge sind von Regengüssen zerfurcht und in phantastische Kleingebirge zertalt. Darunter sinken in der plastischen Regelmäßigkeit weniger Riesenstufen (Abb. 61) die Kohlenwände gegen den Boden der Grube, an dem in sumpfigen Lachen das Grundwasser hervortritt. Einem Spinnennetz gleich ziehen sich überallhin die dünnen Fäden der Gleise, Kettenbahnen, Stromzuführungen und auch der Rohrleitungen, in denen zur Niedrighaltung des Grundwasserspiegels die zuströmenden Wässer abgepumpt werden, die z. T. aber auch der Zufuhr von Löschwasser bei Brandgefahr oder zum Berieseln trockenliegender Flözteile dienen. Großartig und modell-



Abb. 62. Tagbau mit Abraum-Förderbrücke (Marie-Anne b. Kl. Leipisch, N.-L.); der Abraum wird rechts in zwei Stufen von Eimerketten-Tiefbaggern abgetragen, über die Brücke befördert und links abgesetzt.

haft-starr wirkt das ganze Bild; die riesigen Bagger, deren Rasseln man aus der Ferne hört, sind mit den auf- und niederfahrenden Wagenzügen das einzig Lebende in ihm. Menschen sieht man kaum.

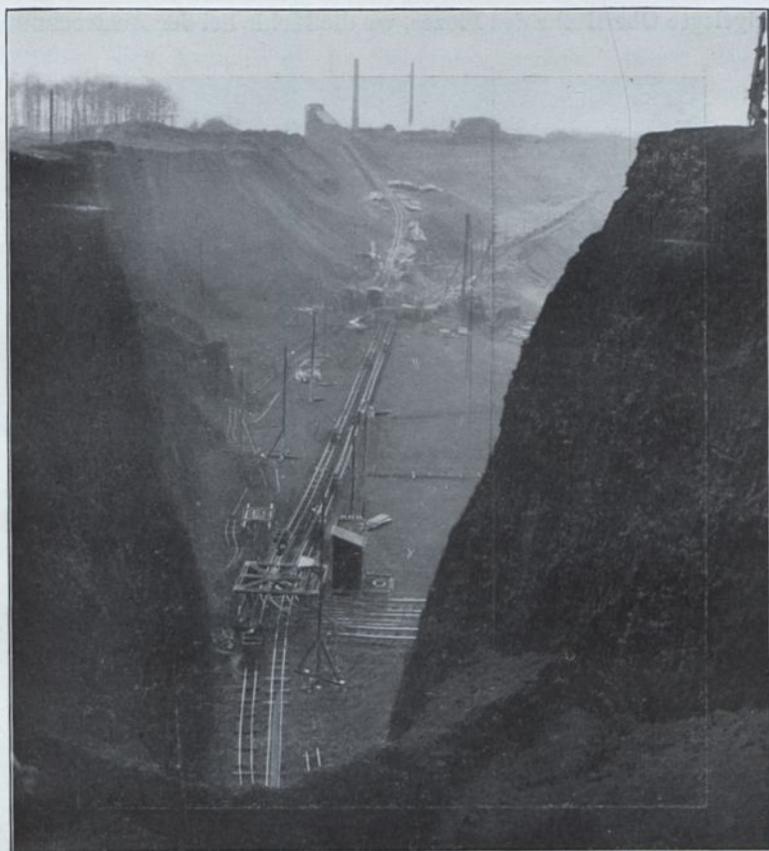


Abb. 63. Blick zwischen hochragenden Kohlenwänden in den Tagbau Türnich b. Köln. Kettenbahn mit Auffahrt zur Brikettfabrik (im Hintergrund). Aufn. Rhein. Braunkohlen-Syndikat.

Birgt dieses ruhige Bild auch Gefahren? Mit besondrer Sorgfalt muß man auf die Verhütung von Bränden bedacht sein. Abgesehen von Unachtsamkeiten kann es immer wieder durch Oxydation zur Selbstentzündung der Kohle kommen; besonders

dort, wo sie längere Zeit trocken liegt und der Luft ausgesetzt ist, besteht diese Gefahr, und wir sehen auch überall von den Halden — wo unreine Kohle abgelagert wurde — feine, hier durchaus harmlose Rauchfahnen aufsteigen. Besonders gefährdet ist die zum Abbau freigelegte Oberfläche des Flözes, wo die Kohle bei der Austrocknung



Abb. 64. Nächtlicher Flözbrand. Grube Törnich b. Köln.
Aufn. Rhein. Braunkohlen-Syndikat.

zu feinem, vom Wind verwehten Grus zerfällt. Oft sind hier Beregnungsapparate in Tätigkeit. Einmal in Brand geratene Kohlenstöße (Abb. 64) sind besonders bei bewegter Luft sehr schwer und nur durch Überschütten mit Sand löschar.

Andre Gefahren drohen von wassergetränkten Sandschichten (Schwimmsande), die, gleichsam flüssig, infolge ihres Eigen-

gewichts ungeheuren Druck auch seitlich auf ihre Umgebung ausüben und mit großer Gewalt in den Tagbau einbrechen können, ganze Flözteile dabei vor sich herschiebend, wie es 1930 auf der Grube Fischbach bei Köln geschah. Schwimmsandeinbrüche erfolgen meist derart plötzlich, daß die an den gefährdeten Stellen arbeitenden Menschen sich kaum noch in Sicherheit bringen können. Auch Haldenrutschungen und Durchbrüche von Grundwasser-Stauteichen durch die aufgeschütteten Dämme können Unglücksfälle verursachen.

Noch gefährlicher als im Tagbau sind Feuer und Schwimmsand naturgemäß im Tiefbau; eine weitere Gefahr droht hier von Wasseradern, wenn sie „angefahren“ werden. Einbruch und Verschüttung, aus der Zersetzung von Schwefelmineralien erstickende Gase („Schlechte Wetter“), Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen treten hier als weitere Drohungen auf; noch jedermann dürfte die furchtbare Explosionskatastrophe im Nelsonschacht bei Brüx im benachbarten Deutschböhmen erinnerlich sein, die 1934 nicht weniger als 142 Menschenleben auslöschte.

Das Leben des tief unter der Erde für die Wirtschaft und das Wohlergehen seines Landes schaffenden Kohlenbergmanns ist bei aller Fürsorge opfervoll und trotz aller technischen Vorsichtsmaßnahmen ständig in Gefahr; er verdient darum Dankbarkeit und eine besonders geachtete Stellung im Leben der Volksgemeinschaft!

VI. Veredlung und Nutzung der Braunkohle

A. Preß-Steine (Briketts) und Brennstaub

Nur wenige deutsche Braunkohlen zeichnen sich durch derartige Festigkeit bei geringem Wassergehalt aus, daß sie in stückiger Form den Transport überdauern und in ursprünglicher Beschaffenheit als Brennstoff für Haus und Industrie Verwendung finden können. Die meisten deutschen Braunkohlen sind von erdiger Beschaffenheit oder zerfallen bei ihrem hohen Wassergehalt (S. 18) mindestens beim Trocknen zu Grus. Nur an Ort und Stelle werden allerdings ungeheure Mengen von Rohkohle auf besonders gestalteten Rosten unter den Kesseln der Brikettfabriken, Elektrizitätswerke und der chemischen Industrie (Bitterfeld!) verfeuert.

Schon frühzeitig hat man versucht, die Braunkohle durch Trocknung in ihrer Heizkraft zu steigern und sie andererseits in eine versandfähige und für den Gebrauch handliche Form zu bringen. Man verrührte die zerkleinerte Kohle mit Wasser zu einem zähen Schlamm und formte daraus in Holzkästen flache Ziegel (im Rheinland „Klütten“ genannt), die dann an der Luft getrocknet wurden. Es war ein wichtiger Fortschritt, als man zur Herstellung von Naßpreßsteinen überging. Der von Maschinen angerichtete Kohlenbrei tritt ähnlich wie bei der Backsteinherstellung unter starker Pressung aus einer Öffnung, die ihn zu einem Strang von geeignetem Querschnitt formt; die davon abgeschnittenen Ziegel werden an der Luft getrocknet. Die Naßpreßsteinerzeugung konnte sich — allerdings in ständig vermindertem Umfang — in einzelnen Gegenden bis in die jüngste Zeit hinein halten. Während noch im Jahre 1920 343000 t erzeugt wurden, ist dieses Verfahren heute auf kleine und kleinste Vorkommen beschränkt. Die auf nassem Wege hergestellten Formkohlen besaßen noch immer eine allzu beschränkte Festigkeit, vor allem aber zeigten sie nur eine geringe, lediglich durch noch dazu sehr unvollkommene Trocknung bedingte Heizwertsteigerung.

Deshalb bedeutete das schon 1856 erfundene Verfahren der Brikettierung einen sprunghaften Fortschritt. Als es um die Jahrhundertwende genügend vervollkommenet worden war, begann die förmlich explosive Entwicklung des bis dahin — von heute gesehen — immerhin recht bescheidenen Braunkohlenbergbaus zu den gegenwärtigen, wahrhaft erstaunlichen Ausmaßen. Erst in der festen und wetterbeständigen, sauberen und handlichen Form des Briketts mit seiner gegenüber dem Ausgangsmaterial erheblich verdichteten Heizkraft konnte die Braunkohle bis in die entferntesten Gegenden, sogar des Auslands (Nordafrika!) verfrachtet werden und zu einem jedermann geläufigen Gegenstand des Alltags werden. Ja die Braunkohle konnte jetzt sogar ernstlich und erfolgreich mit der Steinkohle in Wettbewerb treten: Übertrifft doch seit dem Jahre 1922 die Menge geförderter Braunkohle die entsprechenden Ziffern für Steinkohle erheblich¹⁾. Durch die Verminderung des Wassergehalts der Rohkohle

¹⁾ Dabei ist allerdings der dauernde Verlust größerer Steinkohlenvorkommen sowie die vorübergehende Abtretung des Saargebiets im Friedensvertrag zu berücksichtigen (30 % Einbuße gegenüber der früheren Förderung!).

(50—60 %) auf den dritten Teil (15 %) im Brikett wird der Heizwert auf das Doppelte gesteigert¹⁾. Durch Trocknung und die starke Pressung wird eine Raumverminderung der Kohle auf etwa $\frac{2}{3}$ erzielt.

Zum Bild der deutschen Braunkohlenlandschaft gehören neben den Kraterfeldern der Tagbaue auch die ziegelroten, von weißen Dampfswolken umflatterten Gebäude der Brikettfabriken. Was geht in ihnen vor? Wer irgendwie die Möglichkeit hat, das innere Getriebe eines solchen Werks kennen zu lernen, sollte das nicht versäumen. Die aus der Grube kommende Kohle wird in geräumige Bunker entleert; nach maschineller Zerkleinerung (größtes Korn 6 mm) gelangt sie auf laufenden Bändern in die hoch oben in der Fabrik befindlichen dampfgeheizten Trockeneinrichtungen. Das bis auf etwa 17 % entweichende Wasser tritt in Form jener kennzeichnenden Dampfahnen aus den Schloten. Die weiterhin auf 30—40° abgekühlte Kohle wird nun den in lagen Reihen angeordneten Pressen zugeführt und durch einen mit etwa 1500 Atm. wirksamen Stempel unter peitschenartigem Knall zum Brikett geprägt. Die langen Reihen der die Pressen verlassenden Briketts (etwa 130 in der Min.) treten, durch die Stöße der Presse ruckweise weiterschoben, auf Gleitbahnen ins Freie, kühlen sich ab und fallen schließlich in bereitstehende Eisenbahnwagen. Tägliche Leistung einer Brikettpresse: 150 t Briketts. Da in der Luft verteilter Kohlenstaub zur Ursache furchtbarer Explosionen werden kann, muß er ständig durch Entstaubungsvorrichtungen entfernt werden.

An dem noch nicht bis in alle Einzelheiten geklärten inneren Vorgang der Brikettierung sind ebenso physikalische wie kolloidchemische Vorgänge beteiligt. Verschiedenheiten im strukturellen wie im stofflichen Aufbau der Kohlen verschiedener Vorkommen bedingen durchaus unterschiedliche Brikettierbarkeit, bzw. die Notwendigkeit der Abwandlung des Verfahrens in seinen Einzelheiten. Ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt (15 %) darf bei der Trocknung der Brikettierkohle nicht unterschritten werden. Die Stempel der Pressen prägen den Briketts in den Bereichen der einzelnen Industriesyndikate verschiedene Markenbezeichnungen ein: Union (Rheinland), Sonne (Mitteldeutschland), Anker u. a. (Ostdeutschland). Es ist ein freundlicher Brauch mancher Gegenden, daß in

¹⁾ Heizwert mitteldeutscher Braunkohle roh (mit Wassergehalt!) 2300—2500 WE, Briketts 4800—4900 WE.

der Neujahrsnacht die Steine mit eingepprägten Wünschen die Maschinen verlassen.

Ein weiteres Verfahren, die Kohle in versandfähige und heiztechnisch-brauchbare Form zu bringen ist die Erzeugung von Brennstaub für Kohlenstaubfeuerungen, wie sie sich in steigendem Maße in vielen Industriezweigen (z. B. Zement!) immer mehr einführen; dabei ist ein nicht unwesentlicher Vorteil, daß Umlagerung und Transport nach Art von Flüssigkeiten erfolgen können (Tankwagen, Druck- und Saugvorrichtungen zum Füllen und Entleeren). Gerade dieser Art der Kohlenverwertung dürfte noch eine große Zukunft beschieden sein, zumal heute emsig an der Entwicklung auch von Kohlenstaubmotoren gearbeitet wird.

B. Elektrizität aus Braunkohle

Die Umwandlung der in der Braunkohle von der Sonne der Vorzeit gespeicherten Kräfte in Elektroenergie hat in der Gegenwart eine in ihrer Größe nur wenigen bekannte Bedeutung gewonnen. Die Verarbeitung der erdig-losen, wasserreichen Braunkohle an Ort und Stelle und die Übertragung des erzeugten Stroms weithin in entfernte Gebiete erscheint heute weiten Kreisen als etwas Selbstverständlich-Einfaches und überaus Vollkommenes. Aber erst vor etwa 25 Jahren konnten die Voraussetzungen für die Leitung hochgespannter elektrischer Energie über große Entfernungen geschaffen werden.

Heute führt die Braunkohle als Stromquelle in unserer Energieversorgung. Im Jahre 1932 betragen die Anteile an der deutschen Elterzeugung:

Braunkohle und -briketts + Torf ¹⁾ . . .	39 %
Steinkohle (Klingenberg b. Berlin!) . . .	36,5 %
Wasserkraft	17 %
andere Quellen	7,5 %
	<hr/>
	100 %

In allen Braunkohlenbezirken Deutschlands stehen heute als technische Wunder unserer Zeit gewaltige Überlandkraftwerke, unter deren Dampfkesseln die in benachbarten Gruben geförderte

¹⁾ Der Anteil der Torfkraftwerke ist gering!

Kohle unmittelbar oder nach vorhergehender Brikettierung verfeuert wird; wir nennen nur einige von ihnen:

Goldenberg-Werk bei Köln.

Golpa-Zschornewitz.

Finkenheerd bei Frankfurt a. O.

Lautawerk (Niederlausitz) in Verbindung mit einer der größten Aluminiumhütten!

Hirschfelde.

Reichsbahn-Kraftwerk Muldenstein b. Bitterfeld (versorgt alle Reichsbahnstrecken Mitteldeutschlands mit Strom!).

Die Größenordnung dieser Werke wird ein Zahlenbeispiel vor Augen führen können. Die innerhalb unglaublich kurzer Zeit mitten im Krieg gebaute Anlage Golpa-Zschornewitz, eines der größten Kraftwerke der Erde, verfeuert täglich unter seinen Kesseln 12000 t (= 600 Eisenbahnwagen à 20 t!) Braunkohle. Neben der Versorgung unzähliger Industrieunternehmungen ist es maßgeblich beteiligt an der Versorgung von Berlin, Magdeburg, Leipzig, Dessau und Halberstadt, um nur einige größere Städte zu nennen.

C. Braunkohle als Farbstoff

Wo Braunkohlenflöze nahe der Landoberfläche lagern und nur von durchlässigen Gesteinen wie Schotter überdeckt sind, kommt es in ihren oberen Teilen (Oxydationszone) durch den Sauerstoffgehalt der durchsickernden Wässer zu bestimmten Veränderungen, die unter Kohlensäurebildung bis zur völligen Zerstörung der Humussubstanzen fortschreiten können. Durch Anreicherung von Bitumenkörpern können so Schwelkohle, ja Pyropissit entstehen. Unter gehemmter, aber andauernder Sauerstoffeinwirkung und anderen, noch nicht näher geklärten Umständen entstand unter weitgehender Beibehaltung der äußeren Gesamterscheinung innerhalb mancher Vorkommen aus gewöhnlicher Braunkohle eine merkwürdige Abart; neben besonderen chemischen Eigenschaften (erhöhter Gehalt an alkalilöslichen Huminsäuren) ist sie dadurch ausgezeichnet, daß sie sich schon zwischen den Fingern zu einem überaus feinen Pulver zerreiben läßt. Auch die noch deutlich als Braunkohlenholz erkennbaren Einlagerungen zeigen dieses Verhalten. Seit langer Zeit werden solche, durch schöne braune bis rotbraune Färbung ausgezeichnete Kohlen als „Farberden“ benutzt (Kasseler Braun,

Kölnische Umbra). Auch heute noch stellt man daraus sehr gebräuchliche Wasser-, Leim- und Ölfarben her; die Kohle wird dabei z. T. lediglich gepulvert, z. T. mit Wasser angeknetet oder auch als „Saftbraun“ mit Soda versetzt. Durch Wärmeeinwirkungen, durch Beimengung von gepulvertem Grudekoks („Frankfurter Schwarz“) u. a. Behandlungen entstehen verschiedene Farbtönungen.

Die Verwendung dieser durch schöne Töne, Lichtechtheit und Ungiftigkeit ausgezeichneten Farben ist sehr vielseitig: Als Malerfarbe, zum Beizen und Lasieren von Möbeln (Nußbeize!), vor allem aber auch zum Färben von Papieren (Pack-, Tapeten- und Zigarettenpapiere); während des Weltkrieges sollen auch Kaffee- und Schokoladeersatz mit Kasseler Braun gefärbt worden sein!

Fundstätten solcher Farbkohlen sind: Gahrenberg (S. 113), Frielendorf b. Kassel (S. 112), Muskau, Broberberg u. Frechen bei Köln, Lucherberg b. Aachen, Annaberg (Sachsen), Halberstadt und — um ein ausländisches Vorkommen zu nennen — Dux in Böhmen. Eine sapropelitisches-ölige (ichthyolhaltige) Kohlenabart vom Bauersberg (Rhön, S. 112) wurde früher als „Mineralschwarz“ gewonnen und u. a. zur Herstellung von Schuhwischse verarbeitet.

D. Braunkohle als Düngemittel

Neuere Versuche haben erwiesen, daß sich Braunkohle nach Umsetzung mit Kalk oder Ammoniak (Neutralisierung der Humussäuren) auch als Düngemittel für verarmte Böden verwenden läßt. Seine Wirkungen entfallen dabei sowohl auf die Braunkohle wie auf die von ihr festgehaltenen Nährsalze und sind physikalischer wie biologisch-chemischer Art: Auflockerung dichter Böden, Erhöhung der Bodenwärme, Festhaltevermögen für Wasser und zugeführte Düngesalze, Belebung der für das Pflanzengedeihen wichtigen Tätigkeit der Bodenbakterien, durch die es u. a. auch zur Bildung von CO_2 und somit zur Kohlensäuredüngung kommt.

Gewisse Braunkohlensorten sollen sich auch zur Konservierung von Jauche verwenden lassen.

E. Die chemische Veredlung der Braunkohle

Der einfachen Verbrennung der rohen oder durch Brikettierung mechanisch veredelten Braunkohle zur Erzeugung von Wärme usw. steht ihre chemische Verwertung als etwas z. T. bei weitem vollkommener Erscheinendes gegenüber. Sie trennt die in der Kohle

vereinten Stoffe und weiß sie zu völlig andersartig erscheinenden Dingen umzusetzen, die dem Menschen als Träger besonderer Eigenschaften dienstbar werden. Neben vielen Gegenständen des täglichen Gebrauchs, an deren schlichte Herkunft wir kaum jemals denken, bilden mit Heiz- und Schmierölen auch Treibstoffe seit jeher ein wichtiges Erzeugnis der braunkohlenverarbeitenden chemischen Industrie, Stoffe also, in denen ein Teil der in der Braunkohle schlummernden Energien in besonderen, zum Antrieb von Motoren geeigneten Speicherungsformen vorliegt. Gerade hier befinden wir uns nun durch die umwälzenden Ergebnisse chemisch-technischer Forschung inmitten einer stürmischen Entwicklung. Obwohl Deutschland Erdölvorkommen nur in sehr unzureichendem Maße besitzt, soll künftig trotzdem der Gang der Motoren, jener Millionen Triebfedern im Arbeitsleben unseres Landes, aus den Kräften des eigenen Bodens, mit künstlichem Braunkohlenbenzin und -dieselöl, gespeist werden. Eine Aufgabe von gar nicht zu übersehender Bedeutung wird hier unter zielbewußter Förderung der neuen Reichsführung gelöst.

Bis vor wenigen Jahren wurden neben geringen Benzinteilen vornehmlich Leucht- und Schweröle sowie Paraffin aus der Braunkohle gewonnen, wie sie die übrigens auf besonders bitumenreiche Kohlen angewiesene Schwelindustrie durch Zerlegung des Braunkohlenteers erhielt. Demgegenüber ermöglichen die heutigen Verfahren (Hydrierung usw.) in großem Maßstab den Aufbau, die Synthese benzinartiger Stoffe aus der Kohlensubstanz der gewöhnlichen Humusbraunkohle. Angesichts der Erfolge und der Möglichkeiten, welche die neuere, unaufhaltsam weiterschreitende Braunkohlenchemie weist, liegt der Gedanke nahe, daß spätere, vielleicht nicht allzu ferne Zeiten die heute noch allgemein übliche Herdverfeuerung zur Verwertung „abfallender“ Wärme als urchümliche Vergeudung eines dafür allzu kostbaren Rohstoffs belächeln, ja bedauern werden.

1. Bitumenextraktion und Verschwelung

(= Montanwachs- und Teergewinnung)

Diese beiden, hier in ihren einfachsten Grundzügen angedeuteten Verfahren sind im Gegensatz zu dem Prozeß der Hydrierung usw. auf die besonders bitumenreiche Schwelkohle vor allem Mitteldeutschlands und der Gegend von Hirschfelde beschränkt. Ihr idealster Rohstoff war der heute überall längst abgebaute Pyropissit (fast

70 % Bitumen!). Die entsprechende Industrie blickt auf das immerhin ansehnliche Alter von über 7 Jahrzehnten zurück. Während dieser Zeit erfuhren ihre Arbeitsweisen eine derartige Vervollkommnung, daß heute schon Braunkohlen mit einem Mindestgehalt von nur 6 % Bitumen für die Schwelerei, solche mit über 10 % für die Bitumenextraktion als Ausgangsmaterial in Frage kommen.

Zur **Bitumenextraktion** wird die Braunkohle bis auf Erbsengröße zerkleinert, getrocknet und vom Staub befreit. In großen Trommeln erfolgt die Herauslösung des Bitumens durch Benzol oder dessen Gemisch mit anderen organischen Lösungsmitteln. Destillationsvorgänge trennen die auf diese Weise rückgewinnbaren Lösungsmittel vom Rohbitumen (S. 21), aus dem das gereinigte und gebleichte Montanwachs hervorgeht (Ausbeute 10—20 % gegenüber Ausgangskohle). Es wird verarbeitet zu Lederfetten, Bohnerwachs, hartgummiähnlichen Stoffen (z. B. Schallplatten!), Kerzen, zu Imprägnationsmitteln für wasserdichte Stoffe (Segeltuch, Wachstum!) und zu Isoliermassen der Elektrotechnik. Der vom Bitumen befreite Kohlenrückstand wird in den Werken selbst zur Kesselfeuerung verwendet. Die **Verschwelung** der Kohle, eine trockene Destillation, ist vor allem auf die Gewinnung von Paraffin, von Benzin und Spezialölen, und nicht zuletzt von Gasöl zum Antrieb von Dieselmotoren aus dem Schwelteer gerichtet. Ihre Hauptindustrie ist seit langem in dem schwelkohlenreichen Zeitz—Weißensefelder Revier angesiedelt, wo schon im Jahre 1855 die erste größere Anlage errichtet wurde. Im Schwelprozeß werden Rohkohlen oder Briketts entgast bzw. verkocht. Diesem Vorgang dienen riesige, bis 10 m hohe und gruppenweise zu Batterien vereinigte Schwelöfen verschiedenster Bauart, in denen die Kohle auf etwas über 450° erhitzt wird. Von den Destillationsprodukten wird der mit Schwelwasser (Schwefelwasserstoff- und kresotbeladener Abfallstoff) vermengte Teer in Kondensationsanlagen abgeschieden, während die Schwelgase den Feuerungsanlagen zugeführt und verbrannt werden. Von der Ausgangskohle bleibt der sogenannte Grudekoks bzw. Schwelkoks zurück, der hohen Heizwert (5800—6500 WE) mit angenehmen Verbrennungseigenschaften (Sparsamkeit, Verbrennung ohne Rauch, Ruß und ohne Flamme) verbindet und daher immer mehr auch zu Hausbrandzwecken in besonders gestalteten Grudeöfen, vor allem aber in gemahlenem Zustand für industrielle Kohlenstaubfeuerungen, als Betriebsstoff der Sauggasgeneratoren und zur Erzeugung von Synthesegas für die Ölsynthese Verwendung findet.

Der Braunkohlenteer, das Hauptprodukt der Verschwelung, wird in Paraffin- und Mineralöl-Fabriken weiter verarbeitet, neuerdings aber auch immer mehr der Hochdruckhydrierung (S. 140) zugeführt.

Wie verschiedenartig die aus Montanwachs und Braunkohlenteer abgezweigten Endstoffe sind, wie weit sie sich ihren Eigenschaften nach vom Ausgangsmaterial, der Braunkohle, entfernen, und schließlich, welche Verwendung sie finden — das zeigt am besten eine Zusammenstellung von Erzeugnissen der A. Riebeck'schen Montanwerke A. G., Halle a. S.¹⁾: Hart- und Weichparaffin, Zündholzparaffin, Kerzen aller Art; / Paraffinöle: Solaröl, Gelböl, Putzöl, Gasöl, Dieseltreiböl, Dunkles Paraffinöl f. d. Fettfabrikation, Heizöle, Benzol-Waschöl; / Autobetriebsstoff; / Fresol für Desinfektion und Holztränkung; / Kautschol f. d. Gummiherstellung; / Braunkohlenteerkoks, Braunkohlenteerpech; / Montanwachs, roh und gebleicht (Ersatz für Karnaubawachs, Japanwachs u. a.); / Montanwachspech, Kabelwachse.

2. Die „Verflüssigung“ der Braunkohle

Wenn die Verwertung der Braunkohle zur synthetischen Treibstoffherzeugung hier ganz besonders hervorgehoben werden muß, so soll das nicht zur Ansicht führen, als wenn der Verschwelung usw. für die Zukunft nur verminderte Bedeutung zukäme; ganz abgesehen von den vielerlei anderen Produkten der Schwelindustrie ist die Erzeugung wertvoller Schmieröle und von Triebstoffen für Schwerölmotoren sehr beachtlich. Freilich sind andererseits die benzinartigen Treibstoffe, auf deren Gewinnung die im folgenden genannten Verfahren ausgehen, angesichts der Herrschaft des Leichtölmotors wenigstens heute noch von überragender Bedeutung. Ferner kommen für die Verflüssigung auch die bisher fast ausschließlich als Brennstoff genutzten, der Menge nach aber in Deutschland überwiegenden bitumenarmen Humusbraunkohlen in Betracht. Wenn einige große geplante oder auch schon im Bau befindliche Hydrieranlagen nicht von solchen Rohkohlen, sondern von Schweltee ausgehen werden, so geschieht dies zur Vereinfachung des heute noch mit einigen

¹⁾ Ihre zahlreichen Fabriken, die der Werschen-Weißenfelder Braunkohlen-A.-G. und der Deutschen Erdöl-A.-G. liefern heute noch den Hauptanteil der deutschen Erzeugung an Montanwachs und Schwelprodukten.

technischen, bzw. wirtschaftlichen Schwierigkeiten behafteten Verfahrens.

Bei der Druckhydrierung wird die Braunkohle bei einer Temperatur von etwa 450⁰ und unter 200—250 Atm. Druck stofflich zerlegt und an die entstehenden ungesättigten Kohlenwasserstoffe Wasserstoff angelagert. Eine wesentliche Rolle spielen dabei Katalysatoren, also Stoffe, die durch ihre Gegenwart den Ablauf der chemischen Vorgänge fördern oder überhaupt erst in Gang bringen.

Nach diesem Verfahren können im Leunawerk bei Merseburg jetzt schon jährlich 300000 t Kraftstoffe aus Braunkohle erzeugt werden. Andere große Anlagen werden z. B. bei Leipzig und Helmstedt errichtet (Braunkohlenbenzin-A. G., „Brabag“); ihre Arbeitsweise wird sich, wie schon angedeutet, insofern an die Schwelerei anschließen, als hier nicht Braunkohlen als solche, sondern der in eigenen Großschwelereien¹⁾ gewonnene Teer der Hydrierung zugeführt werden soll. Ein weiterer, sehr aussichtsreicher Weg, das Verfahren nach Fischer und Tropsch, führt zur Synthese von Treibstoffen aus Wassergas, einem bestimmten Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff; es ermöglicht damit auch die Verwertung des in großen Mengen billig zur Verfügung stehenden Koks. Es arbeitet bei atmosphärischem Druck und Temperaturen von etwa 200⁰. Bisher erst auf Steinkohlen angewendet, dürfte es sich in abgewandelter Form bald auch für Braunkohlen, bzw. deren Koks einführen.

3. Die Braunkohlen-Vergasung

Auch die Vergasung der Braunkohle gewinnt immer größere Bedeutung; durch sie werden alle verbrennbaren Kohlenbestandteile in Gas umgesetzt; zum Unterschied von der Verschwelung bleibt also nicht Koks, sondern nur Asche zurück. Zweck des Verfahrens ist die Gaserzeugung zu Heizzwecken²⁾ und neuerdings auch zum Antrieb von Kraftwagen, schließlich auch die Gewinnung von Teer und Ammoniak. Der Vorgang spielt sich in Generatoren verschiedener

¹⁾ Die im Bau befindliche Böhlener Schwelerei wird die größte der Welt sein!

²⁾ Vor allem für Industrie-Anlagen: Keramische und chemische Fabriken, Stahlwerke und sonst überall da, wo Aschenverunreinigung der zu erhitzenden Gegenstände peinlich vermieden werden muß.

Bau- und Wirkungsart ab und geht von Rohkohlen, bei der Teergewinnung jedoch von Briketts aus. Als Nebenprodukt gewinnt man in diesem letzten Fall auch Ammoniumsulfat, ein für die Landwirtschaft wichtiges Düngemittel. In neuester Zeit (1934) wurde in Kassel das erste große Braunkohlen-Gaswerk errichtet, das in neuartigem, vereinfachtem Verfahren aus gewöhnlicher Braunkohle Gas für Heizzwecke und zum Antrieb von Kraftwagen erzeugt und nebenher auch eine nicht unbeträchtliche Menge Benzol gewinnt.

VII. Braunkohle in Zahlen

A. Braunkohlenvorräte

(sichere + wahrscheinliche)

Welt ¹⁾	Amerika	2812 Milliarden t
	Asien	112 „ t
	Europa	80 „ t
	Australien	36 „ t
	Afrika	1 „ t
		<u>3041 Milliarden t</u>
Deutschland ²⁾	56,8 Milliarden t (71 % Europas!)	
Tschechoslowakei	12 „ t	
Jugoslawien	4,7 „ t	
Übriges Europa	6 „ t	
Deutsche Einzelbezirke ²⁾ (in %-Anteilen der deutschen Vorräte)		
	Niederrhein	31,5 %
	Lausitz	28,8 %
	Thüringen—Sachsen	16,8 %
	Braunschweig—Magdeburg	3,3 %
	Übrige	19,6 %
		<u>100 %</u>

¹⁾ Nach „The Coal Resources of the World“, herausgegeben v. Internationalen Geologenkongreß Toronto 1913, unter Berücksichtigung der inzwischen für Deutschland neu gewonnenen Zahlen. Bei dem geringen Stand der geologischen Erforschung weiter Weltgebiete dürften die wirklichen Weltvorräte noch bedeutend höher sein.

²⁾ Nach den neuesten, 1935 veröffentlichten Schätzungen.

Tagbau- u. Tiefbauvorräte Deutschlands:

Es sind zu gewinnen
 im Tagbau 31 %, im Tiefbau 69 %
 Heute werden gewonnen
 im Tagbau 85 %, im Tiefbau 15 %

Zeitliche Reichweite der deutschen Vorräte:

Bei gleichbleibender Förderung (1934: 140 Millionen t) sind die Vorräte für 400 Jahre ausreichend!

B. Braunkohlenförderung im Jahr 1934

Weltförderung	187,5 Millionen t	(100 %)
Deutschland ¹⁾	137,3	„ t (73,2 %!!)
Tschechoslowakei	15,3	„ t (8,2 %)

An der deutschen Gesamtförderung sind beteiligt:

das Rheinland mit	31 %
Mitteldeutschland mit	41 %
Ostelbien mit	26 %
Übriges mit	2 %

Der Braunkohlenförderung von 137,3 Mill. t steht die Steinkohlenförderung²⁾ mit 136,3 Mill. t gegenüber; bei einem Umrechnungsschlüssel von BK:StK = 1:4,5 erreicht der Wert der BK-Förderung allerdings nur 22,4 % desjenigen der Steinkohlenförderung!

C. Deutschlands Ein- und Ausfuhr an Braunkohle

Trotz seiner gewaltigen Förderung betrug die Braunkohleneinfuhr Deutschlands im Jahre 1934 noch 1,86 Millionen t (aus Böhmen!). Demgegenüber steht die Ausfuhr mit nur 1,23 Millionen t.

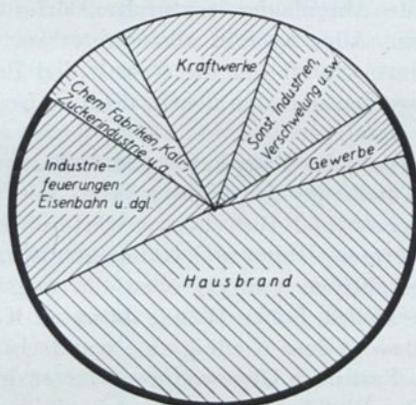
¹⁾ Deutschlands hoher Anteil an der Weltförderung erklärt sich daraus, daß Amerika, welches $\frac{9}{10}$ der Weltvorräte besitzt, infolge seines Steinkohlenreichtums gegenwärtig nicht auf ihre Ausbeutung angewiesen ist.

²⁾ Einschließlich der Förderung des inzwischen wieder in den Reichsverband zurückgekehrten Saargebiets + Pfalz!

D. Braunkohlenverwertung

Rohverwertung: $\frac{1}{3}$

Brikettierung: $\frac{2}{3}$ (Briketterzeugung 1934: 31,4 Millionen t, d. i. nahezu die gesamte Welterzeugung an Braunkohlenbriketts!)



Im Bereich der starken Kreislinie wird die Braunkohle in Brikettform genutzt — im übrigen als Rohkohle.

E. Entwicklung des deutschen Braunkohlenbergbaus nach seinen Förderziffern

1860	4,5 Mill. t	1920	112 Mill. t
1870	7,5 „ t	1929	175 „ t
1880	12 „ t	1930	146 „ t
1890	19 „ t	1932	122,6 „ t
1900	40,5 „ t	1934	137,3 „ t
1910	70 „ t	1935	147,4 „ t

Einen besonders starken Aufschwung erlebte das Rheinland, wo die Förderung seit dem Jahre 1913 auf das Doppelte gestiegen ist!

VIII. Braunkohlenbergbau und Landschaft

Braunkohlen im Boden sind das Schicksal einer Landschaft. Unerbittlich formt fortan der Bergbau ihr Antlitz; weite Gebiete Deutschlands sind heute von ihm allein zu merkwürdigen Ausdrucksformen geprägt.

Wälder verschwinden, Bäche versiegen, Flüssen weist man andre Wege; weite Ährenfelder um uralte Dörfer — der Bergbau nimmt sie hinweg. Alles ist ihm allein untertan. Rührend ist es manchmal zu hören, wie oft nur die Gewalt den Bauer von der ererbten Scholle losreißen und den neuen, doch so freundlichen Heimstätten zuführen kann.

Bald fressen sich die Bagger ins Land, bald türmen sich die langgestreckten Tafelberge der Halden, von Jahr zu Jahr weiter wachsend; Regengüsse und Rutschungen zerfurchen ihre Hänge zu abenteuerlichen Formen, Hasen und Kaninchen turnen darin herum. Abgründig tief erscheinen von da oben die ungeheuren Tagbaukrater. Daß diese steilen, hohen Wände da unten Kohle sind, nichts als reine Kohle, das ist dem Neuling eine wunderbare, kaum glaubliche Vorstellung. Fast noch Ungewohnteres bietet der Blick ringsum. In zentralasiatische Einöden fühlt man sich oft versetzt vor dieser kahlen, in fahlen Tönungen ausgebreiteten Wüstenei. Kaum anderswo fühlen wir so deutlich, wie die Wirksamkeit des Menschen der Größe geologischer Vorgänge nahekommen kann¹⁾ — und es ist uns klar, daß in diesem einer Mondlandschaft ähnlichen Stück Erde die Spuren menschlicher Tätigkeit bis in fernste Zeiträume erhalten bleiben müssen.

Als Deutsche tragen wir heute mehr denn je die Heimat im Herzen. Heimat — das ist die deutsche Landschaft mit den sie gestaltenden Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur und den darin verwurzelten Denkmälern aus Geschichte und Kunstleben unseres Volkes. Wie wollen wir uns aber abfinden mit dieser beispiellos erscheinenden Zerstörung der Heimat? Freilich wissen wir um die eisernen Notwendigkeiten des Bergbaus und kennen die unermeßliche Bedeutung der durch ihn gehobenen Bodenschätze

¹⁾ Allein von der Niederlausitzer Bergbau-A. G. „Ilse“ werden jährlich 30 Mill. cbm Abraumgestein umgelagert; dazu kommt noch die geförderte Kohle!

für Leben und Geltung unseres Volkes. Ein töricht-zwergenhaftes Unterfangen also, sich hier hindernd entgegenstemmen zu wollen! Aber ist das alles nicht ein recht schwacher Trost? Gehen unsre Blicke nicht trotzdem trauernd über dieses durchwühlte, zernarbte Land?

Ich möchte — aus andrer Anschauung der Dinge heraus — einige Gedanken darüber ans Ende meines kleinen Buches stellen.

Viele Braunkohlelegenden Deutschlands, wie etwa das Geisel-tal oder die sandüberschütteten Weiten der Lausitz, waren freundliche oder auch herbe Landschaften — aber doch wohl nie durch ganz besondere Landschaftsschönheit ausgezeichnet; anderswo freilich ist vieles dem Bergbau zum Opfer gefallen. Über die Höhen der Ville bei Köln breiteten sich herrliche, von den Dickichten der Stechpalme und schlingstämmigem Epheu auch im Winter durchgrünte Buchenwälder, deren vergangene Schönheit heute noch einzelne, südlich gegen Bonn zu gelegene Reste offenbaren.

Aber es darf auch nicht vergessen werden, wie großartige, sonst niemals möglich gewordene Einblicke gerade der Braunkohlenbergbau gewährt hat in das erdgeschichtliche Werden unserer Heimat, in die Natur ihrer fernen Urzeit!

Wir finden unser damals noch so fremdartig gestaltetes Land von der Pflanzenwelt ferner Zonen besiedelt und von einer heute längst ausgestorbenen altertümlichen Tierwelt belebt. Wo war damals der Mensch? Noch nie hat man eine Spur von ihm entdeckt aus jener Zeit. Die Sonne eines lange Zeiträume hindurch nahezu tropisch-warmen Klimas strahlte über Wald und Moor, Myriaden grüner Blätter sammelten die Kräfte des Lichts zum Aufbau der Stoffe von Pflanzenkörpern, aus deren Resten wir nun diese Sonnenenergie wieder zurückgewinnen. Eine wundersam vielfältige Verkettung verschiedenster Umstände war nötig, daß diese Reste erhalten blieben. Wie jede Naturerscheinung ist auch die Braunkohlenbildung verankert in einem Netz von Beziehungen; daß hier wie überall die auf das Ursächliche gerichtete Betrachtung den Geist in das scheinbar Entfernteste und Weiteste der Gesamtnatur führt — das ist das beglückendste Erleben des Forschers.

Wir erlebten die schwankenden Bewegungen unseres heute so unerschütterlich fest erscheinenden Bodens und sahen ihn immer wieder einmal von weiten Wasserflächen, ja in manchen Gebieten

zuweilen sogar vom Meer überflutet und doch von neuem daraus wieder hervortauschen. Wir verfolgten das Werden der Gesteine und sahen gleich darauf wieder zerstörende Kräfte daran am Werk. Wir erkannten die Spuren von Vulkanausbrüchen in Basaltdecken, gefritteten Tonen und veredelter Braunkohle. Schließlich schieben sich als letztes großes Ereignis wiederholt kilometerdicke Nordlandgletscher über Deutschland hin und lassen eine schutt- und schlammüberdeckte, von Schmelzwässern überrieselte Wüste zurück. Der Reichtum der tertiären Pflanzenwelt war durch Eis und Klimasturz vernichtet; spärliche Reste wandern nach und nach von begünstigten Zufluchtsstätten wieder ein und schließen sich langsam zur heutigen Pflanzendecke zusammen: Deutschland wird wieder waldbedeckt und grün.

Woher wir das alles wissen? Vieles davon lehrte uns die Braunkohle! Die großen rasselnden Bagger da drüben entspringen allein dem kühlen, auf Wirtschaft und Wirtschaftlichkeit eingestellten Denken und Trachten des neuzeitlichen Menschen. Und doch nahm ihre nüchterne Tätigkeit mit den Vorhang weg von den Wundern heimatlicher Vorwelt; ihre Sonne, ihr Leben, ihre Farben schlummern da unten in feuchter Braunkohle — und in jedem Brikett, das wir zu Hause verfeuern.

Wie wenige andre Völker haben wir Deutsche Opfer gebracht für die Erforschung ferner Länder und fremder alter Kulturen; im Pergamonmuseum stehen wir stolz vor ihren Ergebnissen. Sollte es nicht möglich sein, auch für die Vorzeiterforschung der eignen Heimat, die so voller Wunder ist, Anteil und Förderung der Öffentlichkeit wie der für die äußere Lage der Wissenschaft maßgebenden staatlichen Stellen zu gewinnen? Dauernde Arbeitsstätten vor allem tun not, an denen junge Forscher auf lange Sicht an großen Aufgaben schaffen können. Noch liegen die Braunkohlenfelder offen zutage. Aber die Zeit drängt wie kaum anderswo: „In wenigen Jahrzehnten sind die Tagebaue erloschen, und dann wird man Rechenschaft fordern von der deutschen Wissenschaft, ob die einzigartigen Möglichkeiten ausgenutzt wurden oder nicht!“ (WEIGELT).

Grubenfelder und Halden überschauend mag mancher die Frage stellen, wie sich so ein Stück Land wohl unsern Enkeln zeigen wird, wenn es vom Bergbau längst verlassen ist. Wird doch z. B. auf den Höhen des Vorgebirgs bei Köln die Braunkohle schon in etwa 40 Jahren erschöpft sein.

Die bergbautreibenden Gesellschaften sind angewiesen, das Land vor dem Verlassen schließlich wieder in einen nutzbaren Zustand zurückzugestalten. Die Halden werden oft abgetragen und die Gruben zugeschüttet, das Land wird geebnet — und wo ehemals fruchtbare Erde vorhanden war, wird dieser sorgsam aufbewahrte „Mutterboden“ wieder darüber gebrütet. Wo freilich schon vorher unfruchtbare Sand- und Geröllfelder herrschten, wird man sich



Abb. 65. Durch Grundwasseraufgang versumpftes Einsturzgebiet eines verlassenen Braunkohlen-Tiefbaus: Grube Werminghoff (Ob.-Laus.).
Aufn. RUD. ZIMMERMANN, 1934.

weniger Mühe machen und manche Halde wird — wieder begrünt — für alle Zeiten die Eintönigkeit des Geländes durchaus angenehm unterbrechen.

Aber auch dort, wo das Land wieder möglichst geebnet wird, sind die dem Boden entnommenen mächtigen Braunkohlenschichten nicht wieder aufzufüllen; mächtige Tagbautrichter und Tiefbau-Bruchfelder müssen erhalten bleiben, wie auf dem Vorgebirge bei Köln oder in der Lausitz.

Und da mag nun einst mancherlei neue und früher nicht gekannte Landschafts- und Naturschönheit die

Stätten des alten, längst verklungenen Bergbaus erklären. Gerade in Deutschland wird ja alles getan werden, um die „Wunden vernarben“ zu lassen. Heute schon ist man emsig bemüht, an Halden und Grubenhängen Zukünftigem den Boden zu bereiten. Ginsterbüsche, Erlen- und Robiniengehölze bereichern mit bakterienerfüllten Wurzelknöllchen den armen Boden mit Stickstoff; auch die Föhre kann bald darauf gedeihen. Inzwischen steigt der durch den tätigen Bergbau stark gesenkte Grundwasserspiegel wieder



Abb. 66. Grundwasser-Aufgang $1\frac{1}{2}$ Jahre nach der Stilllegung des Tagbaus Clara III, N.-L., Okt. 1935. Aufn. Eintracht A.-G.

und tritt in den Gruben und Bruchsenken zutage (Abb. 65, 66). Teiche und Seen entstehen, immer reicheres Tier- und Pflanzenleben stellt sich ein¹⁾, und ringsum umfängt längst schöner Wald wieder die Halden und Hänge. Schon heute kennen wir in bescheidnem Ausmaß dieses für die Zukunft entworfene Bild voll Frieden und zurückgekehrter Naturschönheit von mancher alten Bergbaustätte (Abb. 67).

Doch kehren wir zur Gegenwart zurück: Birgt nicht auch die „Technische Landschaft“ manche Schönheit — als gewaltige Ausdrucksform der Arbeit eines ganzen Volkes?

¹⁾ Gerade die Neubesiedlung der Halden usw. bietet überaus fesselnde und wissenschaftlich bedeutsame Tatsachen.

Rings um Grubenschlünde türmt sich die Erde, Wirkens- und Wohnstätte lärmenden Riesenbaggern und ruhelos laufenden Bahnen. Von Gittermast zu Gittermast schwingen sich Überlandleitungen hinaus über grünende Felder und reifendes Korn. Ein ungebändigter Bruder ihrer wohlgeleiteten Kraft — so steht der zuckende und grollende Gewitterhimmel des Sommers über dem Land. Und da stehen auch, von Schloten überragt, vom Rauch und Dampf umweht die Riesenburgen der Arbeit. Wie viele Gedanken mußten erdacht, wie viele Erfahrungen Stück um Stück gesammelt werden, bis hier sich Deutschlands braune Erde wandeln konnte in Wärme, Licht, Kraft — und in hunderterlei Dinge, als deren liebenswürdigste wohl alljährlich die Kerzen leuchten vom Weihnachtsbaum, ein Sinnbild gleichsam der Versöhnung von Natur, altem Brauch und technischem Schaffen!

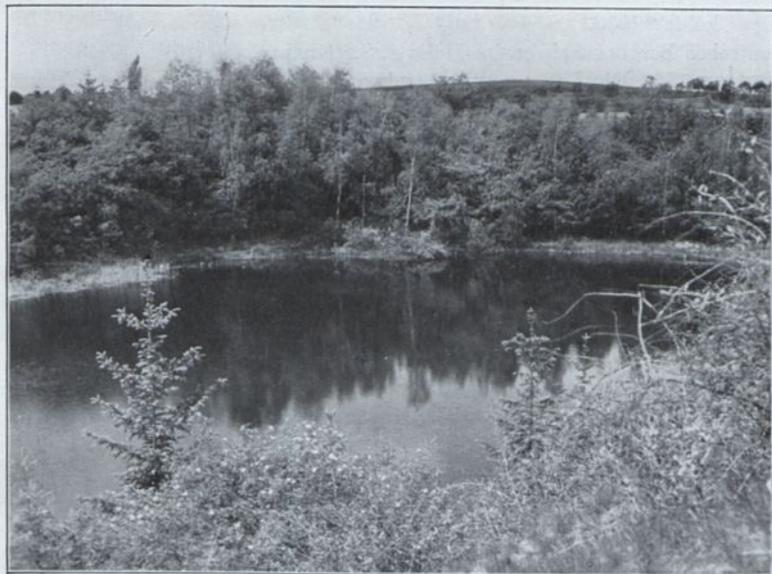


Abb. 67. Die Kuhlöcher b. Artern (Thür.) — ein alter Braunkohlentagbau.
Aufn. W. SCHOENICHEN.

Schrifttum

(Auswahl; besonders berücksichtigt sind u. a. Arbeiten mit weiterführendem Schriftennachweis)

- BIELFELD, E. W., Die Kohle. Techn. Bilderbücher, 1. Berlin 1934.
- „Braunkohle“. Zeitschr. f. Gewinnung u. Verwertung d. Braunkohle, Halle a. d. S. (Knapp). Berichtet fortlaufend über die Fortschritte unserer techn., geolog. u. paläontolog. Kenntnisse hins. d. Braunkohle.
- BREDDIN, H., Die paralische Entstehung der Niederrhein. Braunkohle. „Braunkohle“ 1935.
- Deutsches Bergbau-Jahrbuch. Halle a. S. (Knapp).
- BUCHNER, L., Die Lagerungsverhältnisse und die basaltische Kontaktmetamorphose d. Braunkohlen d. Hohen Westerwaldes. Verh. Heidelb. Nat. Med. Verein N. F. 9.
- BÜLOW, K. v., Moorkunde (Sammlung Göschen). Berlin 1925.
- EDWARDS, W. N., The systematic value of cuticular Characters in recent and fossil Angiosperms. Biological Reviews 10. Cambridge 1935.
- ERDMANN, Chemie der Braunkohlen 1927.
- FLIEGEL, G., Das Braunkohlenbecken des Erfttales. „Braunkohle“ 1936.
- FRANCÉ, R. H., Lebender Braunkohlenwald. Stuttgart (Kosmos) 1932.
- GOTHAN, W., Zur Anatomie lebender u. fossiler Gymnospermenhölzer. Abh. Preuß. Geol. L.-Anst. 1905.
- u. E. ZIMMERMANN, Pflanzliche und tierische Fossilien d. deutschen Braunkohlenlager. Halle a. S. (Knapp) 1919.
 - , PIETZSCH u. PETRASCHKEK, Die Begrenzung der Kohlenarten und die Nomenklatur der Braunkohlen. „Braunkohle“ 1927.
 - Lebende Fossilien der Pflanzenwelt. Sitzg.-Ber. Ges. Naturf. Freunde Berlin 1930.
 - Fragen der Braunkohlenentstehung vom botanischen Standpunkt aus. Z. D. Geol. Ges. 82, 1930.
 - u. J. SAPPER, Neues zur Tertiärflora der Niederlausitz. Arb. a. d. Inst. f. Paläobot. u. Petr. d. Brennst. 3, 1, 1933.
- HERRMANN, R., Salzauslaugung und Braunkohlenbildung im Geiseltal bei Merseburg. Z. D. Geol. Ges. 82, 1930.
- HOFFMANN, A., Die Braunkohlenvorräte des Deutschen Reiches. Archiv f. Lagerstättenforsch. 61, Berlin 1935.

- HOFMANN, E., Vergleichende anatomische Untersuchungen an rezenten Pneumatophoren von *Taxodium distichum* sowie an fossilen Pn. aus Parschlug in Steiermark. Österr. Berg- u. Hüttenm. Jb. **75**, 3, 1927.
- Paläohistologie der Pflanze. Wien 1934.
- HÜLSEMANN, P., Die Bergwerke Deutschlands. Stuttgart 1930.
- JURASKY, K. A., Paläobotanische Braunkohlenstudien I, II, III, Senckenbergiana **10**, Frankfurt a. M. 1928.
- Aufgaben und Ausblicke für die paläobotanische Erforschung der niederrheinischen Braunkohle. „Braunkohle“ 1928.
- Die Herkunft des fossilen Kautschuks („Affenhaar“) in der mitteldeutschen Braunkohle. „Braunkohle“ 1928.
- Neue Methoden und Ergebnisse der paläobotanischen Braunkohlenforschung. XII. Ber. Freiburger Geolog. Ges. 1928.
- Neue Untersuchungen und Gedanken zur Entstehung fossiler Holzkohle. Schr. a. d. Geb. d. Brennstoffgeologie **2**, Stuttgart (Enke) 1929.
- Das Mikrotom im Dienste d. paläobotan. und petrograph. Erforschung von Braunkohle und Torf. „Braunkohle“ 1930.
- Die Palmenreste der niederrhein. Braunkohle. „Braunkohle“ 1930.
- Die Schlißmethoden in der Paläobotanik. Abderhaldens Handb. d. biolog. Arbeitsmethod. Abt. XI, T. 4, 1931.
- Die Mazerationsmethoden in der Paläobotanik. Abderhaldens Handb. d. biolog. Arbeitsmethod. Abt. XI, T. 4, 1931.
- Über rezentes und fossiles Harz. Brennstoffchemie **12**, 1931.
- Gewebeformveränderungen bei Fusit und Holzkohle. „Braunkohle“ 1932.
- Kutikular-Analyse. Grundlegendes zur folgerichtigen Auswertung einer Methode. Teil 1—3. Biologia generalis **10**, 2, 1934; **11**, 1, 2, 1935/36.
- KIRCHHEIMER, F., Die Pollenanalyse als Mittel zur Erforschung der voreiszeitlichen Pflanzenwelt. Forschungen u. Fortschritte, 10. Jg., Berlin 1934.
- Neue Ergebnisse und Probleme paläobotanischer Braunkohlenforschungen. „Braunkohle“ 1934, S. 769—774 u. 788—793.
- Das Hauptbraunkohlenlager der Wetterau. Hanau 1934 (Wetterauische Ges.).
- Bau und botanische Zugehörigkeit von Pflanzenresten aus deutschen Braunkohlen. Botan. Jahrbücher **67**, 1935.
- Weitere Mitteilungen über die Früchte und Samen aus deutschen Braunkohlen. „Braunkohle“ 1935.
- Kritische Bemerkungen zur Paläobotanik des Tertiärs. Forschungen u. Fortschr. 11. Jg. 1935.
- Reste von Wasserpflanzen aus der Braunkohle der Niederlausitzer Typus. Zentralbl. f. Min. usw., Abt. B, 1935, S. 25—31.
- Grundzüge einer Pflanzenkunde der deutschen Braunkohle. Halle a. d. S. (Knapp). Im Druck.

- KLEIN, G., Handbuch f. d. Deutschen Braunkohlenbergbau. 3. Aufl. Halle a. d. S. 1927.
- KRÄUSEL, R., Die Pflanzen des schlesischen Tertiärs. Jb. Pr. Geol. L.-Anst. f. 1917. **38**, 2, Berlin 1920.
- Nachträge zur Tertiärflora Schlesiens I, II. Jb. Pr. Geol. L.-Anst. **39**, 1, Berlin 1920.
- Zur „Sumpfloornatur“ der mitteldeutschen Braunkohle. Centralbl. f. Min. usw., Abt. B, 1925.
- Die Entstehung der Braunkohle, ein altes und doch neues Problem. Natur u. Museum, 1925.
- Paläobotanische Braunkohlenstudien. Abh. Naturforsch. Ges. Görlitz **30**, 1928.
- Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden. Jena 1929.
- Bast und Kautschuk in der deutschen Braunkohle. Natur u. Museum 1931.
- KUBART, B., Ist *Taxodium distichum* oder *Sequoia sempervirens* Charakterbaum der deutschen Braunkohle? Ber. D. Bot. Ges. **39**, 1921.
- Beiträge zur Tertiärflora der Steiermark nebst Bemerkungen über die Entstehung der Braunkohle. Graz 1924.
- MARBLE, J. P., Berechnung geologischer Zeit durch chemische Analyse. Natur u. Volk **65**, Frankfurt a. M. 1935.
- MENZEL, P., Beitrag zur Flora der Niederrhein. Braunkohlenformation. Jb. Preuß. Geol. L.-Anst. 1913, I.
- PIETZSCH, K., Die Braunkohlen Deutschlands. Berlin (Borntraeger) 1925.
- POTONIE, H. u. W. GOTHAN, Paläobotanisches Praktikum. Berlin 1913.
- u. — Lehrbuch der Paläobotanik. 2. Aufl. Berlin 1922.
- Entstehung der Steinkohle usw. 6. Aufl. v. W. GOTHAN. Berlin 1920.
- POTONIE, ROB., Über den Muskauer Faltenbogen, seine Oberflächenformen und deren Abhängigkeit von der Beschaffenheit und Tektonik der Braunkohle. Jb. Preuß. Geol. L.-Anst. für 1930, **51**.
- u. K. STOCKFISCH, Über Oxyhumodile. Kohlenvarietäten der Oxydationszone von Weichbraunkohlenflözen. Mitt. a. d. Laboratorien d. Preuß. Geol. L.-Anst., H. 16, 1932.
- STACH, E., Kohlenpetrographisches Praktikum. Berlin 1928.
- Lehrbuch der Kohlenpetrographie. Berlin 1935.
- Die Steinkohlenlager Deutschlands („Deutscher Boden“ VI). In Vorbereitung.
- STADNIKOFF, G., Die Chemie der Kohlen. Stuttgart 1931.
- STUTZER, O., Allgemeine Kohlengeologie. Berlin 1923.
- Braunkohlenflöze und geothermische Tiefenstufe. „Braunkohle“ 1935.
- TEUMER, TH., Die Bildung der Braunkohlenflöze im Senftenberger Revier. „Braunkohle“ 1920.
- Was beweisen die Stubbenhorizonte in den Braunkohlenflözen. Jb. d. Halleschen Verbandes usw. **3**, 3, 1922.

- TEUMER, TH., Spuren tierischen Lebens im Braunkohlenwald. „Braunkohle“ 1927.
- VOIGT, E., Die Erhaltung von Epithelzellen mit Zellkernen, von Chromatophoren und *Corium* in fossiler Froschhaut in der Braunkohle des Geiseltals. Nova Acta Leopoldina N. F. 3, Halle 1935.
- Die Lackfilmmethode, ihre Bedeutung und Anwendung in der Paläontologie usw. Z. D. Geol. Ges. 88, 1936.
- WAPPENSCHMITZ, Zur Geologie der Oberpfälzer Braunkohlenvorkommen. Abh. Bayr. Geol. L. Unters., München (im Druck).
- WEIGELT, JOH., Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Bedeutung. Leipzig 1927.
- Das Lebensbild zur Bildungszeit der mittelezänen Braunkohlen des Geiseltals. Paläontol. Zeitschr. 14, 1932.
- u. KURT NOACK, Über Reste von Blattfarbstoffen in Blättern an der Geiseltal-Braunkohle. Halle a. d. S., Abh. Kais. Leop. Carol. Deutsche Ak. a. Naturf. N. F. 1, 1932.
- Die Biostratonomie der 1932 auf der Grube Cecilie im mittl. Geiseltal ausgegrabenen Leichenfelder. Nova Acta Leopoldina N. F. 1, Halle a. d. S. 1933.
- Neue Primaten aus der mitteletänen Braunkohle des Geiseltals. Nova Acta Leopoldina N. F. 1, Halle a. d. S. 1933.
- WETTSTEIN, R., Handbuch der Systematischen Botanik. 3. Aufl. Wien 1924.
- WÖLK, E., Mächtigkeit, Gliederung und Entstehung des Niederrhein. Haupt-Braunkohlenflözes. Ber. u. Vers. Niederrhein. Geol. Ver., 28, Bonn 1934.
- WURM, A., Die Wirbeltier-Fundstelle von Viehhausen bei Regensburg. Aus der Heimat, 48. Jg., 1935.
- ZINCKEN, C. F., Physiographie der Braunkohle (und Ergänzungen dazu). Hannover 1867, 1871 u. 1878.
-

Sach- und Ortsverzeichnis

- Aachen 52, 136
Abraum 13, 121, 122, 124, 125, 144
Abraum-Förderbrücken 126
Abtragung 92
aërobe Bakterien 3
Aesculus 107
Ätherische Öle 10
„Affenhaar“ 48, 78
Ahorn-Arten 50, 53, 104, 105
Ailanthus 54, 107
Aktualitätsprinzip 73
Alaun 20, 117
Alaunbergbau 117, 121
Alaunschiefer 117
Alaunton 117, 121
Aldrovandia 50
Algen 4, 6
Allgäu 22
Allochthonie 89
Alpenfaltung 14, 98, 108
Alpenvorland 103, 109
Altenburg 115
Alter der Kohlen 13ff.
— chemisches 15
— geologisches 14ff.
Aminosäuren 9
Ammendorf 114
Ammoniak 2, 9, 140
Ammoniakalaun 20
Ammoniumsulfat 141
Anaërobe Bakterien 8
Anaërobionten 8
Anchitherium 70
Angiospermae 5
Annaberg, Sa. 136
Anthrazit 1, 11, 12, 99, 100
Apophysen 98
Arktotertiäre Pflanzen 106
Artern 149
Aschaffenburg 112
Aschengehalt 18, 22, 30
Aschenbestandteile 18ff., 28
Aschersleben 113
Atemwurzeln 41
Auflichtmikroskopie 26
Ausgangsmaterial 2, 5ff.
Auslesende Zersetzung 39, 42
Ausstrudelungen 97, 115
Autochthonie 89
Bärlappgewächse 5
Bagger 121, 124ff.
Bakterien 2

Basalt 98ff., 111ff., 121, 122, 146
Basaltjaspis 100
Bastfasern 31, 46
Bauersberg 112, 136
Bausandstein 117
Bautzen 116
Bayrischer Wald 109
Bedecktsamer 5
Begleitschichten 117
Bennstedt 114
Benzin 137ff.
Benzolextraktion 18
Berlin 116
Beuern 111
Beuthen 116
Beuna 114
Biologische Zersetzung 8
Biozönose 89
Birken 105

- Bischofsheim 112
 Bitterfeld 93, 113, 115, 118, 131
 Bitumenextraktion 137ff.
 Bitumen(gehalt) 21, 113, 114, 115, 116, 135, 137ff.
 Bitumenkörper s. „figurierte B.“ und „Harz“
 Bituminierung 4
 Blätter, fossile 67
 Blätterkohle 111
 Blattbestimmung 54
 Blatthäute s. Kutikula!
 Blattparasiten (Pilze) 60f.
 Bleichung d. Humussäuren 118
 Blutfarbstoffe 66
 Bockup 117
 Bodenverhältnisse 32, 73
 Böhlen 115, 140
 Bogheadkohlen 6, 7
 Bohnerwachs 138
 Bohrungen 122
 Borna 22, 115
 Bornstedt 117
 „Brabag“ 140
 Brandgefahr 127
Brasenia 50
 Braunkohlenbezirke 108
 Braunkohlen-Geruch 23
 Braunkohlenholz s. Xylit!
 Braunkohlenteer 137ff., 139
 Braunkohlenwald 81
 Braunkohlenquarzit 119
 Braunkohlenzeit s. Tertiärzeit
 Braunschweig 113, 120, 141
 Breitscheid 111
 Brennstaub 134, 138
 Brikettfabrikation 30, 121, 132f., 143
 Brikettierbarkeit 133
 Brikettstruktur 30
 Broberberg 136
 Bruchfelder 124, 147
 Bruchwald 84, 85, 86, 87, 106
 Bruckdorf 114
 Brüx 131
- Bryophyta* 5
 Buche 6, 38
 Buchen-Arten 53, 104
Cannabis sativa 6
 Carnaubawachs 21
Carya 50
Catalpa 54
 Cecilie, Grube 66ff., 114
Ceciliolemur 67f.
Celtis 54
Chalicotherium 70
 Chalkographische Methode 25
Chamaecyparis 74
Chamaerops 50, 54
 Chamotte 118
 Chemische Industrie 121, 131
 Chinesische Wasserkiefer 42
 Chitin 11, 64
 Chlorophyll 52, 66
 Chromoxyd 26
Cinnamomum 53, 105
Coniferae 5
Copernicia cerifera 10
Cornaceae 49, 106
Corypha cerifera 10
Cycadofilicinae 5
 Cypress swamps 41, 74, 81, 84
- Dachbasalt 111
 Darmstadt 93, 112
 Deckgesteine s. Abraum
 Dehydratisierung 13
 Dessau 113
 Destillation, trockene 24
 Dettingen 112
 Deuben 115
 Deutzen 115
 Diatomeen 24, 83, 111
 Diatomeenerde 109
 Dieselmotoren 138
 Diluviale Braunkohle 22, 109
 Diluvium s. Eiszeit
 Dörstewitz 114

- Dolomit 32
 Doppelbrechung d. Zellulose 44
 Dopplerit 29
Dorcatheerium 70
 Douglastanne 42
 Drebkau 95
 Driedorf 111
 Drossen 116
 Druckhydrierung 140
 Druckverformung (Xylit) 43
 Druckwirkung (Inkohlung) 14, 43, 98, 109
 Düngemittel 136, 141
 Dünnschliff 25
 Düren 104, 110
 Durit 28, 29
 Dux 136
 Dynamometamorphose 98
 Dysodil 6, 24, 83, 111
- Edaphische Formationen 4
 Edderitz 113
 Edelkastanien 53
 Egeln 113
 Eibengewächse 42
 Eichen 53, 74, 104, 105
 Einbruchsfelder s. Bruchfelder
 Eisen 118
 Eisenerz 117
 Eisenoxyd 20
 Eisenspat 19, 20
 Eisenverbindungen 19
 Eisenvitriol 20
 Eisleben 117
 Eisschub 94, 95, 116
 Eiszeit 78, 79, 94f., 102, 104, 146
 Eiweißstoffe 6, 9
 Elektrizität aus Braunkohle 121, 134f.
 Elementaranalyse 12
 Epheu 55
 Epidermis 56
Equisetinae 5
 Erdbrände 119
 Erdfälle 67, 68
- Erfttalgraben 92, 110
 Erhaltungsfähigkeit 33, 81
 ericoider Habitus 55
 Erlen 50, 53
 Erosionsvorgänge 13, 81
 Eschweiler 49
Eucalyptus 55
 Everglades 84, 86
 Exine 59
- Fäulnis 4
Fagus silvatica 6, 38
 Falsche Akazie 107
 Faltung d. Flöze 95, 108f., 116, 122
 Farbe d. Kohlen 11, 17
 — d. Braunkohle 23
 Farberde s. Farbkohlen
 Farbkohlen 112, 113, 135ff.
 Farnpflanzen 5, 51
 Faserkohle s. Fusit!
 Faulschlamm 4, 24, 64, 83, 89
 Fazies 103
 Feigengewächse 48, 54
 Fettsäuren 66
 Fettstoffe 6, 9
 Feuerfeste Tone 118
 Fichten-Arten 38, 42, 48
Ficus 54
Ficus elastica 48, 54
Ficus stipulata 55
 Figurierte Bitumina 27, 29
Filicinae 5
 Findlingsblöcke 97
 Finkenheerd 116, 135
 FISCHER-TROPSCH-Verfahren 140
 Flachmoor = Niedermoor
 Flözverdoppelung 116
 Flora 5, 32
 Florida 53, 74, 84, 86
 Flügelnuß 50
 Förderbrücken 127
Fomes 63
 Formsand 118
 Forst 116

- Frankfurter Schwarz 136
 Frankfurt a. O. 116, 135
 Frechen b. Köln 136
 Freystadt 116
 Frielendorf 112, 136
 Frösche 66
 Frohburg 115
 Früchte, fossile 31, 48ff., 110
 Frühholz 38, 39, 43
 Fusit 13, 24, 27, 28, 29, 31, 44
- Gärung** 8
 Gagelgewächse 54
 Gahrenberg 113, 136
 Galeriewälder 4
 Gallen 64
 Gasöl 138
 Gaumnitz 115
 Gebirgsbildung u. -druck (Kohlen-
 veredlung) 14, 18, 22, 29, 98, 108f.
 Gefäßpflanzen 5
 Geiseltal 47, 52, 65ff., 80, 94, 113, 114
 Geothermische Tiefenstufe 91
 Gerlebogk 113
 Geschiebemergel 19, 95
 Gesellschaftsfolge s. Sukzession
 Gieser 96f.
 Gießen 111
 Gingko-Baum 52
 Gips 9, 20
 Glanzkohle 22, 24, 28, 112
 Glasfabriken 119
 Gletscher 94
 Gletschertöpfe 115
 Glogau 116
Glyptostrobus 42, 48, 52, 73, 105
 Görlitz 116
 Götterbaum 54, 107
 Goldenberg-Werk 110, 135
 Goldkiefer s. *Sciadopitys*
 Golpa-Zschornowitz 115, 135
 Graben 92
 Gräfenhainichen 115
 Graphit 1, 2, 100
- Gröbers 114
 Groß-Almerode 21, 99, 112, 117
 Groß-Badegast 113
 Groß-Räschen 36
 Großraum-Förderung 127
 Großschwelereien 140
 Großweil 109
 Grubenfeuchtigkeit 18
 Grudekoks 136, 138
 Grudeöfen 138
 Grünberg 116
 Grundwasserandrang 110
 Grundwasser(spiegel) 4, 81, 121, 148
 Guben 116
 Guhlitz 117
 Gummibäume 48, 77, 78, 103
Gymnospermae 5
- Habichtswald** 112
 Haidhof 109
 Haifischzähne 115
 Hainbuchen 53
 Halbaffen 67f.
 Halberstadt 136
 Halden 124, 127, 147
 Haldenrutschungen 130
 Halle 114, 118, 120
 Hamburg 117
 Hanau 112
 Hanf 6
 Hangendes 13, 50
 Hartgummi 138
 Hartlaubflora 55, 72
 Hartteile d. Tiere 33
 Harze 6, 9, 10, 27, 28, 29, 31, 39, 90
 Harzkanäle 38
 Harzkörner 24
 Harzparenchym 27, 38
 Haselnuß 50, 53
 Hausham 109
 Hebungsvorgänge 90
Hedera 55
 Hefepilze 8
 Heizöl 137

- Heizwert 12, 22
 Heizwertsteigerung 133
 Helmstedt 113
 Hemizellulose 6, 9
 Hessenbrücker Hammer 111
 Heterophyllie 55
 Hickorynuß 50
 Hillscheid 117
 Hinterpommern 117
 Hirschberg 112
 Hirschfelde 116, 135, 137
 Hochbagger 125
 Hochdruckhydrierung 139
 Hochmoore 3, 4, 74
 Höhn 111
 Hoftüpfel 38, 40
 Hohenberg 109
 Hoher Meißner s. Meißner
 Holdenstedt 114
 Holz 12, 17
 Holzkohle, künstliche 13
 —, fossile = Fusit
 Holzparenchym s. Harzparenchym!
 Honigstein 21
 Horloffgraben 112
 Horst 92
 Hülse 55
 Huminsäuren 8, 9, 21, 23
 Humose Grundmasse 26
 Humus 2
 Humussäuren 3, 65, 118
 Humussaure Wässer 33, 99, 118
 Humusstoffe 4, 18
 Hungen 112
 Hydrierung 140
 Hygroskopisches Wasser 18
 Hygroskopizität 23
 Hyphen 60

 Jähringe 43
 Japanische Schirmkiefer s. *Sciadopitys*
 Japanwachs 139
 Ichthyol 136
 Ihringshausen 112
- Ilex* 55
 Imprägnationsmittel 138
 Inkohlungsgrad 12, 92
 Inkohlungsprozeß 2, 11, 92
 Inkohlungsreihe 1, 2, 16ff.
 Inkohlungsstufen 1, 92
 Inland-Eis 78
 Insekten 11, 63f.
 instantane Senkungen 36, 85, 86
 Interglazialzeiten s. Zwischeneiszeiten
 Isoliermassen 138
 Jugoslawien 141
Juniperoxydon 27, 42
Juniperus virginiana 42

 Käferflügel 64
 Kämmeritz 114
 Kätzchenträger 105
 Kalialaun 20
 Kalilauge 17
 Kaliumchlorat 57
 Kalk 19, 20, 32, 65, 118
 Kampferbaum 53
 Kaolinisierung 99
 Kaolinlager 118
 Kapselton 118
 Karbon = Steinkohlenzeit
 Karraubawachs 10, 139
 — — -Palme 10
 Kassel 112, 117, 136, 141
 Kasseler Braun 135
 Katalysatoren 140
 Katzengebirge 116
 Kautschukbaum 59
 Kautschukrinden 47f.
 Kayna 114
 Keramische Industrie 118, 141
 Kerzen 138
 Kettenbahn 127
 Kiefern-Arten 6, 38, 42, 48, 51, 52,
 74, 105
 Kies 118
 Kieselalgen s. Diatomeen!
 Kieselgur 111

- Kieselsäure 19, 20, 119
 Kleinfaltungen 95
 Kleinlebewelt 3, 83
 Klein-Saubernitz 116
 Klettwitz 44
 Klima 32, 66, 72ff., 79ff.
 Klimaansprüche d. Pflanzen 104
 Klimafeuchtigkeit 4
 „Klütten“ 132
 Knabbenkohle 110
 Kölner Braunkohle 19, 92, 110, 120,
 130, 136, 147
 Köhnische Umbra 136
 Köthen 47, 113
 Kohlenarten, Abgrenzung 2, 7, 17
 Kohlenpetrographie 25ff.
 Kohlensäure 2, 8, 12, 20
 Kohlenstaubexplosionen 131
 Kohlenstaub-Feuerung 134, 138
 Kohlenstaubmotor 134
 Kohlenwasserstoffe 3, 12
 Koniferen s. Nadelbäume
 Kontaktmetamorphose 14, 29, 98,
 111ff.
 Kontaktschicht 100
 Konvergenz (Blattform) 55
 Kork 9, 27, 29, 59
 Kotballen 66
 Kottbus 116
 Krabbenreste 115
 Krebssschere s. *Stratiotes*
 Kreosot 138
 Krokodile 19, 66ff., 70, 80
 Küstensequoie s. *Sequoia semper-*
virens
 Küstrin 116
 Kühlenbau 121
 Kuhlöcher b. Artern 149
 Kutikelstrukturen 56ff.
 Kutikula (Kutikeln) 27, 29, 50ff.,
 56ff.
 Kutikular-Analyse 58
 Kutin 9
 Kyffhäuser 114
- Lackhäute 69
 Lärche 38
 Lagergänge 99
 Laubbäume (-hölzer) 6, 38, 39, 50
Laurus 53, 58
 Lausitz 103, 115ff., 141, 147
 Lautawerk 135
 Lederfett 138
 Lehme 118
 Leichenfelder 65ff.
 LEIDENFROST'Sches Phänomen 101
 Leipzig 113, 114, 115, 118
 Leitfossilien 103
 Leonhard, Grube 67, 114
 Leuchtöl 137
 Leunawerke 114, 140
Libocedrus 42
 Liegendes 50
 Lignin 6, 7, 8f., 44
 Lignit s. Xylit
 Linden 54
Lindera 53
Liquidambar 54, 74
Liriodendron 54, 74
 Lobstädt 115
 Löß 19, 95, 102
 Lokalklima 80
Lophiodon 67f., 103
Loranthus 54
 Lorbeergewächse 50, 53, 77
 Lucherberg 136
 Luckenau 115
 Lützkendorf 114
 Luftsauerstoff 2
Lycopodiinae 5
Lygodium 51
- Maare** 107, 111
 Märkische Braunkohlen-Formation
 116
 Magdeburg 113, 120, 141
 Magensteine 19
 Magma 99
Magnoliaespermum 49

- Magnolien 54, 104
 MalliB 117
 Mansfelder Mulde 114
 Mammutbäume 40, 73, 110
 Marienberg 111
 Markasit 9, 20, 28, 117
 Markstrahlen 27, 38, 41
Mastodon 70
 Mattkohle 28, 29
 Mazeration 25, 57
 Mecklenburg 117
 Meeresbedeckung 98, 113, 115
 Meeressande 118
 Meißner 98, 101, 113, 120, 121
 Mellit 21
 Merseburg 47, 114, 140
 Meseritz 116
 Messel 93, 112
 Metamorphe Braunkohlen 18
 Methan 4, 8, 13
 Meuselwitz 115, 120
 Micheln 113
 Mikrochemische Reaktionen 7
 Mikroskopische Forschung 25ff.
 Mikrotomschnitte 25, 36
 Milchsaftröhren 48
 „Mineralschwarz“ 136
 Miniermotten 64
 Misteln 54
 „Mittel“ 87
 Mitteldeutschland 107, 113, 120, 142
 Möckerling 114
 Möncheberg 112
 Molasse 108
 Montanwachse 10, 114, 115, 137ff.,
 139
 —, Gewinnung 137ff., 139
 Moose 5, 9
 Moränen 95
 Moys 116
 Müncheberg 116
 Münster i. H. 111
 Muldenstein 135
 Mumienfelder s. Leichenfelder
 Muskau 116, 117, 118, 136
 Mutterboden 147
Myricaceae 54
Myxomycetes 63
 Nachterstedt 113
 Nacktsamer 5
 Nadelbäume (-hölzer) 5, 6, 37, 52,
 82, 104
 Naßpreßsteine 132
 Naturkoks 99
 Nelson-Schacht 131
 Neumark (Geiseltal) 114
 Neumark 116
 Niederhessen 112
 Niederlausitz 107, 115f., 144
 Niederrhein 22, 107, 109, 141
 Niederschläge 4
 Niederungsmoore 4, 73f., 81, 84
 Nietleben 114
 Nordamerika (Flora) 104f.
 Nußbäume 50, 53, 104, 105
Nyssa 50, 73, 74
 Oberbayern 22, 44, 98, 103, 108f.,
 117, 120
 Oberhessen 111
 Oberkaufungen 112
 Oberlausitz 116
 Oberpfalz 69f., 80, 109, 117, 118
 Oberröblingen 114
 Oderebene 116, 121
 Ölschiefer 6, 112
 Ölsynthese 139
 Opakilluminator 26
 Opaksubstanz 29
 Oppeln 116
 Organische Mineralien 21
 Oschersleben 113
Osmunda 51
 Ostasien (Flora) 104f.
 Osternienburg 113
 Oxalit 21
 Oxydation 12, 13, 97, 129, 135
 Oxydationszone 135

- Paläozoologie 106
 Palmen 54, 74, 77, 103, 104, 110
 Palmenholz 45, 46, 110
 Palmensamen 50
Palmoxyton bacillare 45
 Papierkohle 24, 112
Papilionaceae s. Schmetterlingsblütler
 Pappdeckelkohlen 6, 83, 111
 Pappeln 53
 Paraffin 137ff.
 Parschlug (Steierm.) 41
 Passau 109
 Pechkohle 19, 22, 24
 —, oberbayrische 44, 109, 120
 Peißenberg 109
 Peiting 109
 Pektinstoffe 6, 9
 Penzberg 109
 Perleberg 117
 Petershagen 116
 Pfeilerbau 121
 Pfeilerbruchbau 124
 Pferde 80
 Pflanzenvereine 83ff., 106
 Pflanze: Organisation 33
Phoenix 54
 Phosphorit-Knollen 115
Phragmothyrites 61
 „Physiognomie“ 106
Picea omorica 48
Piceoxylon pseudotsugae 42
 Pilze, Pilzreste 8, 11, 28, 60
 Pilzsporen s. Sporen
Pinus nigra 42, 107
Pinus peuce 42
Pinus silvestris 6, 76
 Pistazien 54
 Plankton 83
Planorbis pseudoammonius 103
 Platanen 54
 Pneumatophoren s. Atemwurzeln!
Podocarpus 42
 Polarisationsmikroskop 44
 Poliermittel 26
 Polierschiefer 111, 116
 Pollenanalyse 60
 Pollenkörner 27, 29, 59f., 67
 Pollenspektrum 60
 Polymerisation 10
 Polymorphismus 54
Polyporus vaporarius 124
Populus euphratica 55, 57
Populus mutabilis 57
 Porzellanfabrikation 118
Proteaceae 54
 Preußen, Prov. 117
 Preußnitz 113
 Prignitz 117
 Protoplasma 9, 33
Pseudolarix 42, 52
Pseudotsuga 105; s. auch Douglas-
 tanne
Pteridophyta 5, 7
Pteridospermae 5
Pterocarya 50
 Pulverfarbe s. Strich!
 Pumpanlagen 121, 122
 Puppenhüllen (Wespe) 64
 Pyrit 9, 20, 23, 28, 32, 122
 Pyropissit 24, 28, 115, 135, 137f.
 Quarz 28
 Quarzit 119
 Quarzsand-Lager 118, 119
 Raseneisenerz 117
 Rattmannsdorf 114
 Reduktion 13
 Red wood 40
 Refugien 106
 Regensburg 69, 109
 Reinkohle 21
 Reliefpolitur 26
 Reliefschliff 25ff.
 Restkohle 21
 Reupzig 113
 „rezent“ 6
 Rheinland 92, 103, 109ff., 113, 120, 142

- Rhinozeronten 70
 Rhön 98, 111, 112, 136
Rhus 54
 Riebeck'sche Montanwerke 139
 Riedgräser 84
 Riedtorf 84, 88
 Riedmoor 85, 86
 Rindengewebe 9
Robinia 107
 Rohbitumen 137
 Rohhumus 3, 4, 76, 81, 88
 Rohkohle 18
 Ronneberg 112
 Rositz 115
 Roßbach b. Weißenfels 47, 114
 Roßkastanie 107
 Rott b. Siegburg 52, 64, 111
 Rumelische Weymuthskiefer 42
 Runstädt 114
 Rurtalgraben 92, 110
 Rußkohle s. Fusit!
- Saale-Tal 114
Sabal 54, 74
 Sachsen 113f., 136, 141
 Salpetersäure 18, 57
Salvinia 50
 Salzauslaugung 66f., 92f., 114
 Salzhausen 112
 Salzsäure 20
 Samenfarne 5
 Samen, fossile 31, 48ff., 67, 110
 Samland 117
 Sand 118
 Sapropel 4, 83, 112
 Saprophyten 60
Sassafras 53
 Sauerstoffzutritt 3
 Sauggasgenerator 138
 Schachtelhalmgewächse 5
 Schallplatten 138
 Schellack 10
 Schermeisel 116
 Schichtung d. Braunkohle 87
- Schieferkohle 109
 Schierlingstanne s. *Tsuga!*
 Schirmding 109
 Schirmkiefer s. *Sciadopitys* 42
 Schlagende Wetter 13, 131
 Schlechte Wetter 131
 Schleimpilze 63
 Schlesien 116
 Schleswig-Holstein 117
 Schlußverein 83, 85
 Schmelzwässer 96, 97, 115
 Schmetterlingsblütler 50, 54
 Schmidtgaden 109
 Schmierkohle 23
 Schmieröl 137, 139
 Schollenzerstückelung 110, 116
 Schuhwichse 136
 SCHULZESCHES Gemisch 57
 Schwandorf 109, 118
 Schwarzföhre 42, 107
 Schwarzkohle 100, 113
 Schwarzwasser 118
 Schwefel 9, 23
 Schwefeldioxyd 23
 Schwefeleisen 20, 117
 Schwefelkies s. Pyrit!
 Schwefelsäure 9, 20
 Schwefelwasserstoff 20
 Schwelerei s. Verschmelzung
 Schwelindustrie 137ff.
 Schwelkohle 24, 28, 114, 115, 135,
 137ff.
 Schwelkohlenstreifen 90, 95, 96, 114ff.
 Schwelkoks 138
 Schwelöfen 138
 Schwelteer 138
 Schwelwasser 138
 Schweröl 137
 Schwiebus 116
 Schwimmsand 129
Sciadopitys 42, 48, 52, 105, 110
Sclerotites 62
 Sedimentationslücken 79
 Seifhennersdorf 116

- Selbstentzündung 129
 Selbstzersetzung 12
 Selektive Zersetzung s. Auslesende
 Zersetzung!
 Senftenberg 115
 Senkungsstau 88
 Senkungsvorgänge 4, 81, 85, 90
Sequoia-Arten 48, 52, 105
Sequoia-Holz s. *Taxodioxyton sequoia-*
num!
Sequoia langsdorffi 85
Sequoia-Mischwald 85ff., 106
Sequoia sempervirens 40, 48, 75, 85,
 105, 110
 Setzungs-koeffizient 92
 Siegburg s. Rott
 Siegellackhölzer 44
 Sklerenchym 46
 Sklerotien 28, 61f.
 Sohlbasalt 111
 Sontheim 112
 Sonthofen 109
 Sorau 116
 Soziologie 106
 Spätholz 31, 38, 39, 43
 Spateisenstein 32, 46
 Sphärosiderit 19, 32, 44, 45, 110, 117
Sphagnum 3, 6
 Spiralstreifung 42
 Sporen v. Pilzen 28, 29, 61
 Sporopollenin 9, 59
 Spülversatz 124
 Standort 32, 71
 Staßfurt 113
 Stechpalme 55
 Stedten 114
 Steiermark 98
 Steingut 118
 Steinkohle 1, 5, 11, 12, 13, 17, 26, 98
 —, Petrographie 28f.
 Steinkohle, Alter 14
 Steinkohlenvorkommen 14
 Steinkohlenzeit 7, 13
 Stellberg 112
- „stenotherm“ 104
 Steppe 80
 Stettin 116
 Storaxbaum 54
 Strahlkies s. Markasit!
 Stratigraphische Geologie 103
Stratiotes 50, 112
 Straubing 109
 Streckau 115
 „Strecken“ 121, 124
 Streifung d. Kohle 90
 Strich d. Kohlen 17
 Stubben(-horizont) 34, 87, 116
 Sudeten 116
 Sukzession 83ff., 85, 86
 Sulfidlaugen-Prozeß 44
 Sumach 54
 Sumpfgas 4
 Sumpfpflanzen 4
 Sumpfwald s. Bruchwald
 Sumpfyzypresse s. *Taxodium distichum*
 Swamp s. Cypress swamps
 Swamp-Theorie 73f.
Symplocaceae 106
 Synthesegas 138, 139
- Tagbau 13, 121, 122, 123, 124ff.
 Tannen-Arten 42
 Tapire 67
 Taxodienholz s. *Taxodioxyton taxodii*!
Taxodioxyton sequoianum 37, 39, 40,
 75, 85
Taxodioxyton taxodii 41
Taxodium 48, 52
Taxodium distichum 40, 41, 74
Taxodium mexicanum 41, 76
Tectocarya 49
 Teergewinnung 115, 137ff., 140
 Tektonische Vorgänge 81
 Teleutosporen 62
 Temperatur, erhöhte (Inkohlung) 14
 Tertiärzeit 5, 6, 13, 15
 Teutschental 114
 Thanatozönose 89

- Thüringen 113f., 141
Thuja 42
 Tiefbagger 125
 Tiefbau 122, 123ff., 130
 Tiefenwärme 91
 Tierfunde 114
 Tierische Organisation 33
 Tirol 98
 Töpferton 118
 Toneisenstein 117
 Tonerdeschlamm 26
 Tonlager 109, 118
 Torf 1—5, 9, 11, 12, 13, 17, 120
 Torfbildung 2, 13, 82
 „Torfgruben“ 120
 Torflager 5, 82, 109, 117, 120
 Torfmoos 3, 6
 Totengemeinschaft 89
 Tracheiden 27, 37
 Träufelspitzen 72
Trapa 50
 Trebnitz 115
 Treibstoffe 137ff., 139
 Trockentorf 3, 5, 76
 Trockentorftheorie 74f.
 Trocknung d. Kohle 133
 Trompetenbaum 54
 Tropengewächse 53, 72, 78
 Tropenklima 78
 Tropisches Wechselklima 66
 Tschechoslowakei 141, 142
 Tschermigit 20
Tsuga 42, 48
 Tula b. Moskau 14
 Tulpenbaum 54, 74
 Tummelbau 121
 Tupelo s. *Nyssa*

 Ulmen 50, 54
 Untermain 103, 111, 112
 Urstromtäler 96

 Variabilität (Blattform) 54
 Vegetation 5, 32, 80, 88

 Verbrennung 3
 Verflüssigung d. Kohle 139ff.
 Vergasung 140
 Verholzung 8
 Verkalkung 19, 44
 Verkiennung 40
 Verkieselungen 19, 32, 44, 101
 Verkohlung 13, 31
 Verlandung 4, 84, 89, 111
 Verlandungszyklen 111
 Verlehmung (Basalt) 99
 Verschmelzung 24, 114, 137ff., 140
 Versteinerungen 31, 44, 101
 Versumpfung 4
 Vertorfung 3, 4, 12
 Verwerfungen 92, 93
 Verwesung 3
 Verwitterung 92
 Viehhausen 69f.
 Ville 110, 120
 Virginische Zeder 42
Viscum 54
Vitis s. Wein!
 Vitrit 28, 29
 Vogelsberg 22, 111
 Voigtstädt b. Artern 21
 Volumverminderung 92
 Vorgebirge 110, 147
 Vulkanismus 14, 18, 22, 92, 98ff.,
 111ff., 146

 Wachholder-Arten 42
 Wachse 6, 9, 10, 90
 Wackersdorf 109, 117
 Wärmeeinheit 12
 Waldtorf 88
 Walnuß 50
 Wasseraloë 50
 Wasserburg a. Inn 109
 Wassergas 140
 Wassergehalt d. Kohlen 11
 — d. Braunkohle 16, 18, 22, 131
 — d. Steinkohle 16
 Wasserhaltung 122

- Wasserkiefer s. *Glyptostrobus*
 Wassernuß 50
 Wasserpflanzen 4, 50, 73, 84
 Wattenbach 112
 Wechselklima 66
 Weckersheim 112
 Weiden-Arten 53
 Wein (*Vitis*) 50, 54
 Weißenfels 47, 114, 138
 Weißwasser 116
 Weißzeder 74
 Wellerode 112
 Werdershausen 117
 Wernsdorf 114
 Westerburg 111
 Westerwald 98, 100, 111, 117, 118,
 120, 121
 Wetterau 103, 111
 WIELUCHSche Formel 18
 Wittstock 117
 Wölfersheim 112
 Wolfsmilch-Gewächse 48
 Wüstensachsen 112
 Wurzelboden 83, 89
 Wyhra 115

 Xylit 17, 24, 29, 34, 122

 Zapfen v. Nadelbäumen 48, 110
 Zechsteinsalze 66
 „Zedern“holz 42
 Zeitz 96, 114, 138
Zelkova 54
 Zellen 33
 Zellmembran 10, 33
 Zellulose 6, 7, 8f., 31, 33, 44
 Zellulosehölzer 44
 Zementindustrie 134
 Zementmergel 109, 117
 Zersetzungsvorgänge 3, 7, 90
 Ziebingen 116
 Ziegelherstellung 118
 Zimmerung 124
 Zimtbaum 53, 77
 zirkumpolare Verbreitung 104
 Zittauer Becken 116, 121
 Zorbau 114
 Zscherben 114
 Zürgelbaum 54
 Zwenkau 118
 Zwischeneiszeiten 79, 94
 Zypressengewächse 40
 Zypressensümpfe s. Cypress swamps



Die Braunkohlen Deutschlands von Professor **Dr. Kurt Pietzsch**. (Handbuch der Geologie der Bodenschätze Deutschlands.) Mit 105 Textabbildungen und 20 Tafeln. (XII u. 488 S.) 1925 Gebunden RM 30.—

Lehrbuch der Kohlenpetrographie. Beschaffenheit, Entstehung und technische Eignung der Kohlengefügebestandteile der Stein- und Braunkohlen von Bezirksgeologen **Dr. L. Stach**, Dozenten an der Universität Berlin. Mit 173 Abbildungen. (VII u. 293 S.) 1935 Gebunden RM 20.—

Kohlenpetrographisches Praktikum von **Dr. Erich Stach**. Mit 64 Textabbildungen. (196 S.) 1928. (Band 14 der Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika.) Gebunden RM 10.80

Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie von Privatdozent **Dr. Robert Potonié**. Mit 80 Textabbildungen. (X u. 285 S.) 1924 Gebunden RM 12.75

Entstehung, Veredlung und Verwertung der Kohle. Vorträge, gehalten an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag. Herausgegeben im Auftrage des Professorenkollegiums von Professor **K. A. Redlich**, Professor **J. C. Breinl**, Privatdozent **H. Tropsch**. Mit 86 Textabbildungen und 5 Tafeln. (VII u. 360 S.) 1930 Gebunden RM 33.—

Die wichtigsten Lagerstätten der „Nicht-Erze“ von Professor **Dr. O. Stutzer**
Band II: **Kohle, allgemeine Kohlengeologie**. Mit 44 Tafeln und 177 Textabbildungen. Zweite, vollständig erweiterte und umgearbeitete Auflage. (XVIII u. 510 S.) 1923 Gebunden RM 40.50

Geologie der Steinkohlenlager von Professor **Dr. H. Dannenberg**.
Band I mit 6 Tafeln und 189 Textabbildungen. (VIII u. 708 S.) 1915 Gebunden RM 67.—
Band II mit 3 Tafeln und 197 Textabbildungen. (582 S.) 1921—1935 Gebunden RM 60.—

Die Umwandlung der Kohle in Öle (Band II der Chemie der Kohle) von Geh. Reg.-Rat Professor **Dr. Franz Fischer**, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim-Ruhr. Mit 72 Textabbildungen. (VII u. 367 S.) 1924 Gebunden RM 12.—

Ausführliche Prospekte über Einzelwerke kostenfrei

Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle.

- Herausgegeben von Geh. Regierungsrat Prof. **Dr. Franz Fischer**.
Arbeiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in
Mülheim-Ruhr. Mit zahlreichen Textabbildungen und Tafeln.
- Band I: Arbeiten der Jahre 1915/16. (VIII u. 360 S.) 1917
Gebunden RM 30.—
- „ II: Arbeiten des Jahres 1917. (VI u. 352 S.) 1918
Gebunden RM 30.—
- „ III: Arbeiten des Jahres 1918. (VII u. 358 S.) 1919
Gebunden RM 30.—
- „ IV: Arbeiten des Jahres 1919. (VIII u. 508 S.) 1920
Gebunden RM 30.—
- „ V: Arbeiten des Jahres 1920. (VIII u. 693 S.) 1922
Gebunden RM 45.—
- „ VI: Arbeiten des Jahres 1921. (VIII u. 556 S.) 1923
nebst Register f. d. Bände I—VI (77 S.)
Gebunden RM 45.—
- „ VII: Arbeiten der Jahre 1922/23. (VIII u. 308 S.) 1925
Gebunden RM 20.—
- „ VIII: Arbeiten der Jahre 1924/27. (VIII u. 790 S.) 1929
Gebunden RM 74.—
- „ IX: Arbeiten der Jahre 1928/29. (VIII u. 759 S.) 1930
Gebunden RM 70.—
- „ X: Arbeiten des Jahres 1930. (VIII u. 613 S.) 1932
Gebunden RM 58.50
- „ XI: Arbeiten der Jahre 1931—1933 I. Halbjahr (VIII
u. 708 S.) 1934. Gebunden RM 74.50

Die Entstehung der Steinkohle und der **Kaustobiolithe** über-
haupt wie des Torfs, der Braunkohle, des Petroleums usw.
von Geh. Bergrat Professor **Dr. H. Potonié**. Sechste, durch-
gesehene Auflage von Professor **Dr. W. Gothan**. Mit 75 Text-
abbildungen. (VIII u. 233 S.) 1920 Gebunden RM 15.—

Allgemeine Petrographie der „Ölschiefer“ und ihrer
Verwandten mit Ausblicken auf die **Erdölentstehung** (Petro-
graphie der Sapropelite) von **Dr. Robert Potonié**. Mit 27 Text-
abbildungen. (173 S.) 1928 Gebunden RM 14.—

**Über die Mineralölgewinnung bei der Destillation und
Vergasung der Kohlen** von Geh. Reg.-Rat Professor
Dr. Franz Fischer, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für
Kohlenforschung in Mülheim-Ruhr. Mit 2 Textabb. (20 S.) 1918
Geheftet RM 3.—



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

350451 L/1