
Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

1883. Heft I.



Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1883.

In Commission bei G. Franz.

Herr Dr. C. W. v. Gümbel trägt vor:

„Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen“.

(Mit 3 Tafeln.)

Erste Abtheilung.

Die jüngst erschienene wichtige Abhandlung von H. Fischer und Rüst über das mikroskopische und optische Verhalten verschiedener Kohlenwasserstoffe, Harze und Kohlen¹⁾ gibt mir Veranlassung, früher von mir angestellte Untersuchungen über Mineralkohlen, deren Ergebnisse geeignet scheinen, die in neuester Zeit von verschiedenen Seiten laut gewordenen Ansichten über die Texturverhältnisse und die Entstehungsweise der kohligen Substanzen des Mineralreichs in wesentlichen Punkten zu vervollständigen und theilweise zu berichtigen, nunmehr zusammenzustellen und zur Mittheilung zu bringen.

Meine Untersuchungen haben in erster Linie andere Ziele verfolgt, als diejenigen sind, welche H. Fischer und Rüst bei ihren Arbeiten im Auge hatten. Letztere suchten hauptsächlich die bisher mangelhafte Kenntniss der mineralogischen Beschaffenheit der kohligen Substanzen näher festzustellen, während ich mich über jene Verhältnisse

1) In Groth's Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie Bd. VII, S. 209, 1882.

zu unterrichten versuchte, welche sich auf die Bildung der Mineralkohle beziehen und deren Feststellung dazu dienen kann, die in neuerer Zeit vielfach wieder in Frage gestellte Entstehung der kohligen Mineralien, insbesondere der Steinkohle aus Land- und Süßwasserpflanzen im Gegensatz zu ihrer Bildung aus Meeresalgen¹⁾ klar zu stellen, sowie über die näheren Umstände der Kohlenflötzablagerungen orientirende Aufschlüsse zu erhalten. Es war mir dabei von vornherein wahrscheinlich, dass weder die chemischen Betrachtungen für sich, noch auch die Untersuchungen in Dünnschliffen allein genügen, um in dieser Richtung zu voller Klarheit zu gelangen. Es schien mir nothwendig, zugleich auch die Textur der Kohlensubstanz an sich und in der Art, in welcher wir die Kohlen in der Natur auf den verschiedenen Lagerstätten ausgebildet finden, im Zusammenhalte mit der Beschaffenheit der sie begleitenden Gesteine in Berücksichtigung zu ziehen. Ich versuchte zunächst die Hilfsmittel, welche uns die Chemie und das Mikroskop an die Hand geben, in Anwendung zu bringen, um tiefere Einsicht in die durch die enge Zusammenhäufung und Vermengung verschiedenartigen Materials selbst in Dünnschliffen schwer zu unterscheidenden wesentlichen Gemengtheile der Kohlenmassen zu gewinnen, ohne jedoch vorläufig auf Fragen über die chemische Natur der Substanzen weiter einzugehen.

Es ist in dieser Beziehung eine auffallende Thatsache, dass weder in der im Eingange erwähnten vortrefflichen Arbeit, noch in Muck's Kohlenchemie und in Grand Eury's so erschöpfenden Abhandlung über die Steinkohlenbildung²⁾ auf diese Untersuchungsmethode Rücksicht genom-

1) Siehe Muck, Grundzüge und Ziele der Steinkohlenchemie, 1881, S. 122, und Fremy in Comptes rendus t. 88, p. 104⁸.

2) Mémoire sur la formation de la houille in den Annales des mines 8^e Ser., t. I, 1882, p. 99.

men wurde, welche in ihren Hauptzügen schon seit längerer Zeit bekannt ist und auf welche in Zirkel's Werke: „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine“ S. 260 nach Gebühr hingewiesen wurde. Ich selbst ¹⁾ habe wiederholt auf die lehrreichen Ergebnisse aufmerksam gemacht, welche sich auf diesem Wege erzielen lassen. Es ist dies der Hauptsache nach die von den Botanikern vielfach benützte Anwendung von Kaliumchlorat und Salpetersäure, welche, wie es scheint, zuerst von Franz Schulze in Rostock ²⁾ auch auf die Untersuchung von Steinkohlen mit dem besten Erfolge übertragen wurde. Schulze hat empfohlen, die zerkleinerte Steinkohle mit einem Gemische von Kaliumchlorat und mässig concentrirter Salpetersäure zu behandeln, und aus dem auf diesem Wege erhaltenen Produkte die braune, dunkelfärbende Substanz durch Ammoniak zu entfernen, um die nunmehr vollständig durchsichtig gewordene Zellenmembran in einem zur Untersuchung unter dem Mikroskop geeigneten Zustande zu erhalten. Es ist schwer verständlich, wesshalb diese einfache Untersuchungsmethode so wenig Anwendung gefunden hat. Ich vermuthe, dass die genaue Befolgung der gegebenen Vorschrift in vielen Fällen desshalb nicht zu dem gewünschten Ziele geführt hat, weil hierbei meist nur höchst dürftige, sehr zarte und schwer erkennbare Reste der Pflanzensubstanz übrig bleiben, die sehr leicht ganz übersehen werden können. Dazu kommt, dass die Anwendung so scharfer, ätzender Chemikalien mancherlei Unannehmlichkeit im Gefolge hat und namentlich, dass das Mikroskop durch die sich entwickelnden Dämpfe der Gefahr ausgesetzt ist, Schaden zu leiden.

1) Geognost. Mittheil. aus d. Alpen. Abth. V, Sitz.-Ber. d. bayer. Acad. d. Wiss. 1879, S. 41, dann über Steinmeteorite in Bayern, Sitz.-B. d. bayer. Acad. d. Wiss. 1878, I.

2) Monatsber. d. Berliner Acad. d. Wiss. 1855, B. 675.
[1883. Math.-phys. Cl. 1.]

Ich habe diese Schulze'sche Methode wesentlich dahin abgeändert, dass ich zunächst die Anwendung von Ammoniak unterlasse. Denn es hat sich gezeigt, dass das Ammoniak nach der Behandlung mit Kaliumchlorat und Salpetersäure in dem erhaltenen Rückstande eine grosse Masse der Kohlenstoffsubstanz völlig auflöst und zerstört, welche die Pflanzentextur in der ausgezeichnetsten Weise erkennen lässt. Es ist daher zweckmässig, die erste mikroskopische Untersuchung vor der Behandlung mit Ammoniak vorzunehmen. Dabei ist allerdings die tiefbraune Färbung des Rückstandes störend und erschwert sehr häufig das Erkennen der feinen Pflanzentextur. Ich benütze daher zur theilweisen Entfernung dieser braunen Färbung absoluten Alkohol in einer später näher zu erörternden Weise. Welch beträchtlicher Unterschied sich ergibt, je nachdem man die eine oder die andere Behandlungsweise in Anwendung bringt, zeigt beispielsweise die mit dem Traunthaler Lignit vorkommende Faserkohle in dem auffallendsten Grade. Nach der Einwirkung der Mischung von Kaliumchlorat und Salpetersäure auf diese Faserkohle bewirkt Ammoniak eine nahezu vollständige Auflösung der behandelten Masse und damit natürlich auch ein Verschwinden aller wahrnehmbaren Texturanzeichen, während bei Anwendung von Alkohol an Stelle des Ammoniaks sich die Textur von Coniferenholz in einer Schönheit erkennen lässt, welche mit jener im Lignite selbst wetteifert. Eine gleiche Erfahrung habe ich in zahlreichen anderen Fällen gemacht und gefunden, dass es sich oft als vortheilhaft erweist, auch schon vor Anwendung von Alkohol die Probe einer mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen, weil selbst durch Alkohol in manchen Fällen gewisse Texturandeutungen verwischt werden.

Da die Herstellung der zu einer mikroskopischen Untersuchung brauchbaren Proben bei der Anwendung der angeführten Chenikalien wesentlich von dem eingehaltenen Ver-

fahren abhängt, dürfte es nützlich erscheinen, die von mir eingeschlagene Behandlungsweise hier etwas näher zu schildern, wobei ich zum Voraus bemerken will, dass unter allen übrigen versuchten zahlreichen Oxydationsmitteln mir keines bessere Dienste leistete, als Kaliumchlorat und Salpetersäure, welche Mischung im Folgenden der Kürze wegen als „Bleichflüssigkeit“ bezeichnet werden soll.

Am zweckdienlichsten hat sich mir die Benützung einer gesättigten Lösung von Kaliumchlorat in Wasser und einer Salpetersäure von 1,47 sp. Gew. bewährt. Bei zu energischer Einwirkung auf gewisse jüngere kohlige Substanzen kann diese Mischung beliebig verdünnt werden. Man lässt diese Mischung längere Zeit auf die Kohlenprobe einwirken. Es ist für das Gelingen wesentlich, dass die Einwirkung langsam von statten geht, wesshalb man die Proben tagelange stehen lässt. Zeigt es sich, dass die Kohle sehr wenig angegriffen wird, was an der hellgelben Färbung der Flüssigkeit anstatt einer tiefbraunen sich bemerkbar macht, so kann die aufgegossene Bleichflüssigkeit mit einer neuen vertauscht werden oder man sucht durch Erwärmen die Oxydationseinwirkung zu verstärken. Manche Kohlen leisten einer derartigen Mischung grossen Widerstand. In diesem Falle wendet man Kaliumchlorat in Substanz an, das man mit der kohligen Substanz vermenget und mit starker Salpetersäure in Proberöhrchen übergiesst. Doch ist hierbei grosse Vorsicht nöthig, weil in manchen Fällen bei feinpulverigen und leicht zersetzbaren jüngeren Kohlensorten zuweilen heftige Explosionen erfolgen, wobei die Mischung aus den Röhren herausgeschleudert wird und leicht Beschädigungen verursacht. Ueberhaupt kommt es zuweilen namentlich bei dem Erwärmen vor, dass wahrscheinlich in Folge von Bildung kleiner Mengen von Chlorstickstoff unter starkem Knall kleine Explosionen sich ereignen, wie denn überhaupt wegen der Entwicklung von Chlorgas bei der ganzen Manipulation

die grösste Vorsicht anzurathen ist. Gewisse Kohlsorten, namentlich die ältere anthracitische Faserkohle und der derbe Anthracit widerstehen grössten Theils selbst der Einwirkung von festem Kaliumchlorat und Salpetersäure unter Anwendung der Kochhitze; es werden bei diesen meist nur geringe Antheile der Substanz angegriffen, die Hauptmasse zeigt nur an den dünnen Rändern gleichsam ein Abschmelzen und den Anfang vom Durchscheinendwerden. In solchen Fällen ist das vorgängige Kochen der Kohlenproben in concentrirter Schwefelsäure bisweilen zweckdienlich, indem dadurch wenigstens einzelne Theile der Kohlensubstanz bei der nachfolgenden Einwirkung der Bleichflüssigkeit hinreichend durchsichtig werden, um sie zu einer mikroskopischen Untersuchung verwenden zu können. Ein anderer Theil dieser Anthracite bleibt auch bei diesem Verfahren undurchsichtig und nimmt nur an den Rändern nach und nach an Substanz ab. Bei solchen Kohlenarten führt nur die schon früher vielfach mit gutem Erfolge benützte Methode einer langsamen und theilweisen Einäscherung zum Ziele, indem in der Asche dünner Splitter oft in unerwarteter Klarheit die volle pflanzliche Textur sichtbar wird. Ueberhaupt ist es sehr nützlich, mit der Untersuchung der Kohle selbst auch die ihrer Asche zu verbinden. Es gelingt sogar ziemlich leicht, Kohlendünnschliffe einzuäschern, welche lehrreiche Aufschlüsse geben.

Was die Beschaffenheit der zur Untersuchung verwendeten Kohlen anbelangt, so wählt man am vortheilhaftesten möglichst dünne, dabei gleichmässig dicke, plattenförmige Splitter, wenn nicht für besondere Zwecke erforderlich wird, grössere Stücke in Anwendung zu bringen. Oft macht es die Kohlenart, die derartige Bruchstücke zu gewinnen nicht gestattet, nothwendig, Bruchstücke wie sie sich eben bieten, zu benützen. Auch losgelöste Dünnschliffe liefern meist ein sehr brauchbares Material; doch gewähren sie in der Regel gegenüber dem zu ihrer Herstellung nothwendigen Aufwand

an Arbeit keinen entsprechend grösseren Vortheil, als die bei einiger Uebung leicht mit dem Hammer zu gewinnenden flachen Splitter. Es ist zu empfehlen, diese Splitter sowohl parallel der Schichtfläche, als senkrecht zu derselben einer gesonderten Behandlung zu unterwerfen.

Die Einwirkung der Bleichflüssigkeit darf als für eine weitere Behandlung genügend erachtet werden, sobald die verwendeten Kohlenstückchen lichtbraun gelblich sich zeigen. Es ist räthlich, sobald sich lichter gefärbte Fragmente bemerkbar machen, sofort die weitere Untersuchung vorzunehmen. Ergibt sich hierbei, dass die Kohlenstückchen noch nicht den erforderlichen Grad der Oxydation erlangt haben, so lässt man die Bleichflüssigkeit wiederholt auf dieselbe einwirken, je nach Umständen unter Anwendung von Kaliumchlorat in Substanz oder unter Beihilfe von Wärme. Bei gewissen Kohlenarten (Fett-Glanz-Backkohle u. s. w.) erweist es sich als sehr vortheilhaft, die Kohlenstückchen vor ihrer weiteren Behandlung zu erhitzen, um die flüchtigen Bestandtheile, deren Anwesenheit häufig die Klarheit der Präparate beeinträchtigt, zu entfernen. Doch darf der Hitzegrad nicht so hoch gesteigert werden, dass die Kohle sich deformirt, schmilzt oder sich aufbläht.

Es ist nicht rathsam, nach erfolgter Einwirkung der Bleichflüssigkeit dieselbe mit Wasser zu verdünnen, weil hierbei in den allermeisten Fällen sofort eine Ausscheidung von humusartigen Flocken erfolgt, welche die zersetzten Kohlenstückchen umhüllen und bei der mikroskopischen Untersuchung unklar machen. Es ist vielmehr anzuempfehlen, die Bleichflüssigkeit langsam und behutsam abzugießen und die erste mikroskopische Untersuchung sofort an den zurückbleibenden gebleichten Kohlenfragmenten vorzunehmen. In diesem Zustande besitzen indess die Kohlenproben meist noch eine tiefbraune Färbung und einen geringen Grad von Durchsichtigkeit, welche verhindern, die bereits meist jetzt schon

wahrnehmbare organische Textur in voller Klarheit hervortreten zu lassen. Um letzteres zu erzielen, übergiesst man die Probe, nachdem die Säure zuletzt durch Abrinnen entfernt worden ist, mit starkem Alkohol, welcher die entstandene humusartige Substanz auflöst und bewirkt, dass nunmehr die Kohlenstückchen einen hohen Grad von Durchsichtigkeit erlangen und daher zur genauen Untersuchung unter dem Mikroskop geeignet sich erweisen. Je nach der Natur der Kohle kommt es wohl auch vor, dass die Einwirkung der Bleichflüssigkeit eine zu energische war, und der Alkohol fast den ganzen Rückstand der Kohlensubstanz in Lösung aufnimmt, wodurch jede weitere Untersuchung vereitelt wird. Von der glücklichen Wahl des Zeitpunktes, in welchem die Zersetzung der kohligen Probesubstanz den erforderlichen Grad erreicht hat, hängt daher das Gelingen des Versuchs einzig und allein ab und man muss deshalb in erster Linie trachten, etwa mit Hilfe einiger Vorversuche diesen wichtigen Moment richtig beurtheilen zu lernen.

Bisweilen kommt es vor, dass sich bei der Behandlung mit Alkohol verunreinigende Salze aus der Flüssigkeit, mit welcher sich die Kohlenproben imbibirt haben, ausscheiden. Sie lassen sich leicht durch geringe Mengen von Wasser auflösen und entfernen.

Zu den Pflanzentheilen, welche der Einwirkung von Chemikalien grossen Widerstand entgegensetzen, gehören z. B. die Epidermalgebilde, Pollenkörner, Samenhäutchen, Sporen u. s. w. Es ist sehr bemerkenswerth, dass diese Gebilde, auch wenn sie in den Kohlenprozess eingegangen sind, diese Eigenschaft unverändert beibehalten haben. Behandelt man daher nach der Einwirkung des Alkohols die vorbereiteten Kohlenproben noch weiter mit verdünnten Alkalien (Ammoniak, kohlen-saures Ammoniak oder Kalium), so geht noch ein übriger Theil der Substanz in Lösung, und es bleiben, abgesehen von etwa erdigen Schülferchen, alsdann nur mehr

meist als zarte Flocken und Häutchen sichtbare Reste zurück, welche sich unter dem Mikroskop als Epidermalgebilde, Indusien, Sporenhäute und Pollenkörner zu erkennen geben. Da derartige Gewebe oft einen beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Mineralkohlen nehmen, darf man nicht unterlassen, schliesslich auch noch eine verdünnte Lösung etwa von Ammoniak oder kaustischem Kali auf die vorher mit der Bleichflüssigkeit und Alkohol behandelten Kohlenproben einwirken zu lassen.

Es ist wohl nicht überflüssig, auf gewisse häufiger vorkommende Erscheinungen aufmerksam zu machen, welche zuweilen bei diesen verschiedenen Manipulationen auftreten, und welche leicht zu Täuschungen Veranlassung geben könnten. Besonders ist dies bei der mikroskopischen Untersuchung der Fall, wenn neben den kohligten Substanzen Fragmente von Schiefer im Rückstande sich vorfinden, welche in dünnen Splitterchen eine Art zelliger Struktur erkennen lassen, so dass die Versuchung nahe liegt, diese für ein Zeichen von pflanzlicher Textur anzunehmen und die Schiefertheilchen selbst für Pflanzenfragmente anzusehen. Dazu kommt ferner, dass unter den Rückständen sich häufig dünne Häutchen und selbst grössere Flocken einer gelblichen oder graulichen Masse vorfinden, welche von äusserst zahlreichen runden, ungleich grossen und unregelmässig vertheilten Löchern durchbrochen sind und für organische Formen (nacktes Plasma) gehalten werden könnten. Es sind harz- oder humusartige Ausscheidungen aus der Kohle, welche sich wahrscheinlich erst in Folge der Säureeinwirkung gebildet haben. Nicht weniger häufig kommen runde, tiefbraune oder gelblich gefärbte kleinste Kügelchen unter dem Mikroskop zum Vorschein, welche zuweilen in auffallend gleicher Grösse so aneinander gereiht sich zeigen, dass sie auf das lebhafteste an gewisse Algen- und Pilzformen erinnern. Noch täuschender erscheinen grössere vollständig runde Kügelchen, welche entweder kompakt oder

aber im Innern hohl und in letzterem Falle von einer nach Art der soeben beschriebenen Häutchen durchlöcherten Hülle umschlossen sind und wegen dieses oft sehr zierlichen Aussehens sehr in die Augen fallen. Sie könnten leicht zu Verwechslungen mit Sporen und Pollen oder Diatomeen Veranlassung geben. Da derartige Kügelchen in der Kohle schon vorgebildet eingebettet liegen, wie sich in Dünnschliffen beobachten lässt und wie sie auch schon von früheren Forschern wahrgenommen worden sind, und da ihre Substanz sich in der Wärme verflüchtigt und von Lösungsmitteln z. B. Alkohol zum Theil aufgenommen wird, so scheint es kaum zweifelhaft, dass wenigstens ein Theil dieser durch die beschriebene Behandlung frei gewordenen Kügelchen einem schon in der Kohle eingeschlossenen Fossilharze angehört. Die oben erwähnte durchlöcherte Hülle dürfte einer unlöslich gewordenen, vielleicht erdigen Ueberrindung entsprechen. (Vergl. Taf. I Fig. 1—3.)

Zu diesen harzartigen Substanzen gesellen sich ferner dünne Blättchen mit concentrischen Linien und strahlig faserigen Streifen, welche häufig von einem meist ausserhalb der Mitte liegenden Punkte strahlenförmig auslaufen, so dass fischschuppenähnliche Zeichnungen entstehen (Taf. I Fig. 4). In der Kohle vor ihrer Behandlung mit der Bleichflüssigkeit lassen sich ähnliche aus Kalk-, Dolomit- oder Eisenspath, Schwefelkies, Bleiglanz oder Blende bestehende, durch ihre weisse Farbe oder den metallischen Glanz in die Augen fallende Blättchen in erstaunlicher Menge auf den Klüftchen der Glanzkohle wahrnehmen. Am ausgezeichnetsten kommen sie auf den spiegelnden Flächen der sogenannten Augenkohlen vor. Sie erscheinen auch in der Asche der Kohle in grosser Anzahl. In dem Rückstande der mit der Bleichflüssigkeit behandelten Kohle können solche Karbonatblättchen nicht mehr vorkommen, weil sie aufgelöst worden sind. Die in diesem Rückstande noch erhaltenen strahligen

Blättchen scheinen aus Quarz zu bestehen; denn sie zeigen i. p. L. schwache Farben und lösen sich in Flusssäure auf.

Mit und neben denselben zeigen sich in manchen Kohlen ziemlich zahlreich kleine scheibenförmig gewölbte, Coccolithen-ähnliche Körperchen mit zarten concentrischen Streifchen. Auch sie sind schwach doppeltbrechend und lassen i. p. L. das schwarze Kreuz der sphärolithischen Gebilde sehr schön wahrnehmen. Sie haben grosse Aehnlichkeit mit den sogenannten Infiltrationspunkten mancher verkieselter Schalen, scheinen gleichfalls aus Kieselsubstanz zu bestehen und gleichsam die ersten elementaren Formen der beginnenden Verkieselung darzustellen. (Taf. I Fig. 5.) Ich füge hier die Bemerkung bei, dass ich die gleichen rundlichen Scheibchen schon sehr häufig in Rückständen der in Säuren aufgelösten Kalksteine beobachtet habe. Sie gewinnen dadurch eine erhöhte allgemeinere Bedeutung. Ueber andere, mehr vereinzelt zum Vorschein kommende Einschlüsse in der Kohle behalte ich mir vor, bei der Beschreibung der einzelnen Untersuchungsobjekte weitere Mittheilung zu machen.

In gewissen Fällen versuchte ich als Vorbereitung für die nachfolgende Behandlung mit der Bleichflüssigkeit auch noch andere chemische Hilfsmittel in Anwendung zu bringen. Bei den verschiedenen Schieferarten, welchen die Kohlenflötze zu begleiten pflegen und welche eine unerwartete Fülle von prächtig erhaltenen Pflanzenresten beherbergen, benützte ich Flusssäure, um die von erdigen Theilen eingeschlossenen kohligen Substanzen frei zu machen, mit dem besten Erfolge. Dies gilt namentlich auch von den in dem Schiefer eingebetteten Pflanzenresten mit Kohlenrinde z. B. Farnfiederchen und ähnliche Blattorgane, welche durch dieses Hilfsmittel von ihrer Gesteinsunterlage sich trennen lassen, dabei zwar meist in eigenthümliche, spitzrhomboëdrische Splitterchen zerfallen, zuweilen aber auch noch in zusammenhängenden Partien sich gewinnen lassen. Besonders vor-

theilhaft zeigte sich auch die Anwendung der Flusssäure bei den an erdigen Rückständen reichen Boghead-artigen Kohlen.

Bei den kalkigen und mergeligen Gesteinen, welche nicht selten mit oder zwischen den jüngeren Kohlenflötzen vorkommen, wie der Kalkstein des pfälzischen Kalkkohlenflötzes, der Stinkstein der tertiären Pechkohlen von Häring und der Molassekohle in Südbayern, erhält man durch Behandeln der Kalksteine mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure einen meist zusammenhängenden Körper, der sich wie erdige Schieferkohle verhält und nunmehr leicht einer weiteren Untersuchung unterzogen werden kann.

Endlich bei Kohlenarten, welche an harzartigen Beimengungen sehr reich sind, wie z. B. der Pyropissit, die Bogheadkohle u. s. w., ist es angezeigt, durch die bekannten Lösungsmittel der Harze: Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzin, Terpentinöl, Steinöl u. s. w. die kohlige Substanz einer erfolgreicherer Einwirkung zugänglich zu machen. Doch hat sich mir diese Behandlungsweise als wenig ausgiebig erwiesen. Es ist bemerkenswerth, dass die Versuche, die Fossilharze durch die für Erkennen der Harztheile an lebenden Pflanzen benützten Reagentien, wie Kupferacetat, die Alkannatinktur und das Hanstein'sche Anilinviolett nachzuweisen, nur negative Resultate auch bei den isolirten harzähnlichen Kügelchen ergaben.

Was nun die Frage über die Texturverhältnisse der verschiedenen Mineralkohlen anbelangt — die chemischen und rein botanischen Verhältnisse sollen hier vorläufig ganz aus dem Spiel bleiben — so finden wir den Stand derselben bis zum Jahre 1873 in Zirkels vortrefflichem Buche über die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine in einer so erschöpfenden Gründlichkeit behandelt, dass es vollständig überflüssig wäre, hier noch einmal darauf zurückzukommen. Es genügt, auf diese

gründliche Darstellung zu verweisen. In neuerer Zeit hat sich namentlich P. F. Reinsch und in allerjüngster Zeit, wie schon erwähnt wurde, Fischer und Rüst mit Untersuchungen über die Texturverhältnisse der kohligten Mineralien befasst. Der zuerst genannte Verfasser eines umfangreichen, mit sehr zahlreichen Abbildungen versehenen Werks: Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle, 1881, hat mit wahrhaft bewunderungswürdigem Fleisse und Geschicklichkeit an einer höchst beträchtlichen Anzahl von Kohlendünnschliffen die Texturverhältnisse in einer Vollständigkeit, wie noch Niemand vor ihm, darzustellen versucht; leider war derselbe aber in der Deutung der gewonnenen Resultate wenig glücklich, indem er die aufgefundenen Zeichen der Textur der Hauptsache nach nicht für das erkannte, was sie wirklich sind: nämlich für Gewebe von bekannten Pflanzengebilden analog den jetzt lebenden, sondern sie für Reste eigenthümlicher, mit recenten Pflanzenformen sich eigentlich nicht vergleichenlassender Typen vorweltlicher Protophyten, d. h. nackter oder mit Andeutung einer Aussenschicht versehener Protoplasmakörper erklärte. Auch hat sich Reinsch durch mineralische Einlagerungen, wie es etwa die vorn erwähnten Carbonat- und Kieselblättchen, Schwefelkiesdendriten u. dgl. sind, indem er sie als zu seinen Protoplasmen gehörig deutete, vielfach täuschen lassen, wie dies bereits Fischer und Rüst (a. a. O. S. 232) angegeben haben. Trotz alledem hat sich Reinsch in Bezug auf die Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohle unbestreitbare Verdienste erworben. Fischer und Rüst kamen mit Anwendung der Dünnschliffmethode über den Nachweis dürftiger Spuren von Texturresten pflanzlichen Ursprungs nicht hinaus. Die hervorragenden Arbeiten auf phytopaläontologischem Gebiete, welche in der neuesten Zeit durch Carruthers, Williamson, Göppert, Weiss, Stur, Lesquereux, Dawson, Grand' Eury, Renault u. A. namentlich in Bezug auf Kohlenpflanzen geliefert wurden,

befassen sich grossen Theils mit rein botanisch-anatomischen Nachweisen, welche an Pflanzeneinschlüssen in Kohlenschiefer, besonders an verkieselten Steinkohlenstämmen in überraschender Klarheit gewonnen werden können. Dadurch wurde auch die Basis für die botanische Beurtheilung der in den Steinkohlen selbst vorkommenden Pflanzenspuren gewonnen und es ist zu hoffen, dass es gelingen wird, auch die kleinen, zerstückelten und dürftig erhaltenen Ueberreste der Kohlen botanisch richtiger, als es bisher möglich war, den verschiedenen Pflanzengattungen, von denen sie herkommen, zuzuweisen.

Indem ich mich nunmehr zur Mittheilung meiner Untersuchungsergebnisse der Texturverhältnisse kohligter Mineralien wende, welche, wie schon bemerkt wurde, das eigentliche botanische und chemische Gebiet nur soweit, als es zur allgemeinen Beurtheilung erforderlich wurde, berühren, glaube ich den systematischen Gang von den jüngeren zu den älteren Gebilden beibehalten zu sollen, den ich bei der Vornahme der Versuche selbst eingeschlagen habe. Die Frage über die Entstehung der älteren Kohlenablagerungen aus den jetzigen Torfmooren ähnlichen Pflanzenanhäufungen vorläufig offen lassend, hielt ich es gleichwohl für nützlich, die Untersuchung mit den torfartigen Substanzen zu beginnen und von diesen aus auf die nächst älteren quartären und tertiären Kohlen überzuführen, um endlich die ältesten Mineralkohlen, die Steinkohlen, den Anthracit und den Graphit einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Dabei suchte ich mir durch Beobachtungen an den Pflanzenresten, welche isolirt in den die Kohlenflötze begleitenden Gesteinen vorkommen, einen Ueberblick über den Formenkreis von Pflanzengewebe zu verschaffen, welche voraussichtlich an der Zusammensetzung auch der dichten Kohlensubstanz selbst theilhaftig sind. Ich darf nicht unterlassen, auf die eminent praktische Bedeutung derartiger Untersuchungen hinzuweisen, welche

in der Technik wichtige Anhaltspunkte über die Natur und den Gebrauchswerth der Mineralkohlen in ihren verschiedensten Abstufungen zu geben versprechen.

I. Torf- und torfähnliche kohlige Substanzen.

Den ersten Schritt zur Kohlenbildung macht die Pflanzensubstanz, indem sie durch einen Fäulniss- und Vermoderungsprocess sich in Torf umbildet. Die Aehnlichkeit gewisser ins Dichte übergehender Torfarten, wie der Specktorf, der sog. Mar-, Lebertorf, der Pechtorf und der im Torf vorkommenden Hölzer mit diluvialen und manchen tertiären Braunkohlen, ist so gross, dass man an einen allmählichen Uebergang zwischen derartigen Bildungen nicht wohl zweifeln kann. Für die diluviale Kohle der Schweiz ist dies sowohl in Bezug auf die an deren Zusammensetzung beteiligten Pflanzen, als in Bezug auf die Lagerungsverhältnisse durch Heer (Urwelt d. Schweiz II. Aufl. S. 527) festgestellt worden. Dies wird auch von Schröter in seiner Untersuchung der Flora der Eiszeit (S. 11) bestätigt. Bezüglich der oberbayerischen Diluvialkohle habe ich das gleiche Verhalten (Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 804) nachgewiesen. Auch gewisse tertiäre Braunkohlenablagerungen, wie z. B. der Oberpfalz, tragen ganz genau den Character von Torfmooren an sich (s. meine geogn. Beschr. des Ostbayerischen Grenzgebirgs S. 794). In den Braunkohlen von Sauforst wiederholen sich dieselben Einlagerungen von Diatomeenerde, wie wir sie jetzt noch in den benachbarten Mooren von Weiden in dem Torf als sog. Weissen, bei Franzensbad und an vielen anderen Orten eingebettet finden. Der dichte Torf repräsentirt hier eine ähnliche Braunkohlenbildung, wie jene bei Sauforst. Seine Untersuchung lehrt, dass derselbe aus sehr zerfallenen und zer-

bröckelten Pflanzentheilchen besteht, bei welchen die Pflanzentextur kaum besser erhalten ist als bei gewissen Braunkohlen. Die beträchtliche Dichte der Masse ist nicht Folge sehr grossen, auf dieselbe einwirkenden Druckes, sondern durch den innigen Anschluss der in kleinste Theilchen zerfallenen Pflanzenreste bewirkt. Nicht nur Samen, sondern auch zum Theil selbst ausgehöhlte Wurzeln finden sich ohne wesentliche Verdrückung in demselben eingeschlossen. Man beobachtet zwar vielfach in dem Torfmoor, z. B. sehr ausgezeichnet in jenem von Pappenberg, völlig plattgedrückte Baumstämme, aber diese Deformation kann nur als Folge der durch den Fäulnissprocess bewirkten völligen Erweichung der Holzsubstanz gedeutet werden, da diese Stämme in einer unbeträchtlichen Tiefe oft von kaum $\frac{1}{2}$ m unter der Oberfläche und überdiess in völlig lockerem Torf eingebettet sich finden, in dem sich kaum Spuren einer Druckwirkung bemerkbar machen.

Diese kleinsten durch Vermoderung umgebildeten Pflanzestückchen sind nicht nur innigst vermengt, ineinander geschoben, gleichsam verfilzt, sondern auch in den dichten Torfarten durch eine humusartige Substanz, welche wie ein Bindemittel zwischen die Trümmer sich legt und in dieselbe eindringt, verbunden und mehr oder weniger fest verkittet. Man kann sich in dünnen Schnitten, die sich leicht mit dem Messer an befeuchteten Stellen herstellen lassen, von der Anwesenheit einer solchen braunen Kittmasse überzeugen. Dies ergibt sich auch bei Anwendung schwacher Kalilauge, welche diese braune Substanz auflöst, so dass nach dieser Behandlung die vorher harte und feste Torfsubstanz nunmehr völlig erweicht erscheint und sich in einzelne Fragmente zertheilen lässt. Bisweilen zerfällt die auf eine solche Weise behandelte Torfmasse nach dem Austrocknen in ein erdig lockeres Pulver.

Bei der Einwirkung der alkalischen Flüssigkeit schwillt die Torfmasse zwar etwas auf, aber dies beträgt nicht mehr als das Maass des Schwindens bei dem Austrocknen ausmacht.

Um die Wirkung des grossen Druckes bei der Torfsubstanz kennen zu lernen, habe ich auf ganz lockeren Moostorf, welcher fast ausschliesslich aus *Sphagnum*-Stängelchen und Blätter zusammengesetzt ist, einen hohen Druck einwirken lassen. Es ergab sich hierbei, dass bei einem Druck von 6000 Atm.¹⁾ senkrecht zur Oberfläche der Torfschicht angewendet eine Torfmasse von 100 cm Höhe (ringsum eingeschlossen) auf 17,7 cm, bei gleichem Druck aber parallel dem Lager von 100 cm Höhe auf 13,9 cm zusammengedrückt wurde. Dadurch erlangte der Torf die Consistenz und Härte von Pappdeckel und nahm eine scheinbar gleichartige Beschaffenheit an. Die Masse zeigt nunmehr einen glänzenden Strich wie Specktorf, bei dem Aufbrechen eine merkwürdig regelmässige und vollkommene Schichtung in ganz dünne Lagen und unter dem Mikroskop eine sehr beträchtliche Comprimirung der pflanzlichen Theile, wie der Vergleich der *Sphagnum*-Blattzellen vor und nach der Druckwirkung (Taf. I Fig. 6 und 7) lehrt. Der Hauptdimensionsverlust dürfte wohl davon herrühren, dass alle leeren Zwischenräume zwischen den einzelnen Pflanzentheilen durch den Druck beseitigt worden sind. Nach dem Anfeuchten mit Wasser schwillt die comprimirte Masse wieder fast auf die ursprüngliche Dicke an und einzelne *Sphagnum*-Blättchen lassen kaum mehr irgend eine Dimensionsänderung am Blattnetz erkennen.

Dieselben Torfmassen in senkrechter und paralleler Richtung zur Lagerung mit 20,000 Atm. gedrückt, werden von 100 cm auf 10,7 cm und 13 cm reducirt, wobei die com-

1) Diese Druckversuche wurden im mech.-techn. Labor. d. techn. Hochschule durch die Gefälligkeit des Herrn Prof. Bauschinger, wofür ich hier meinen Dank auszusprechen gern Gelegenheit nehme, vorgenommen.

primirte Substanz das Aussehen und die Dichte von Sohlleder erreicht. Im Uebrigen theilen sie das Verhalten der unter 6000 Atm. Druck comprimirten Exemplare und schwellen in Wasser gelegt wieder fast genau zu den ursprünglichen Dimensionen an.

Ganz analog verhält sich der ins Dichte übergehende Fasertorf der südbayerischen Moore mit Ausnahme des Wiederaufschwellens im Wasser. Die durch den hohen Druck hervorgerufene grössere Dichte der Substanz verleiht zwar der Substanz ein mehr gleichartiges Aussehen und dadurch äusserlich eine grössere Aehnlichkeit mit sehr dichtem Pechtorf, die nähere Untersuchung aber lehrt, dass dadurch die Substanz nicht diejenige innere Umbildung erfahren hat, welche mit der Beschaffenheit des Pech- oder Specktorfes verknüpft ist. Es dürfte damit der Beweis geliefert sein, dass durch die bloss mechanische Arbeit des Drucks aus Moos- oder Fasertorf nie ein Specktorf gebildet wird, vielmehr entstehen die verschiedenen Arten des Torfes je nach dem Grade, bis zu welchem die torfbildenden Pflanzentheile eine Zersetzung erlitten haben, dann nach der Natur der beitragenden Vegetation beziehungsweise der chemischen Beschaffenheit des befeuchtenden Wassers, und endlich nach der Menge der in die Masse aufgenommenen humösen Zwischensubstanz. Dabei spielt wohl auch der Umstand eine wichtige Rolle, ob der Torf an Ort und Stelle durch fortdauernde Vegetation sich anhäuften oder durch Einschwemmung von Pflanzendetritus in Wasserbecken abgesetzt wurde.

Unter allen mit dem Torf verwandten Substanzen ist keine der älteren, dichten Mineralkohle ähnlicher, als die sogenannte Torfpechkohle oder Dopplerit, den ich auf einer seiner wenigen Fundstellen (Dachelmoos bei Berchtesgaden) in seinem natürlichen Vorkommen zu beobachten Gelegenheit hatte. (Vergl. N. Jahrb. f. Min. G. und P. 1858, 278). Diese Substanz ist in erdfeuchtem, wasserreichem Zu-

stande elastisch weich, dunkelbraun und geht durch langsames Austrocknen in eine spröde, starkglänzende, rabenschwarze, pechartig dichte, homogene Masse über, welche nunmehr im Wasser nicht wieder erweicht, in Alkohol und Aether sich nicht löst, dagegen in Kalilauge erst etwas anschwillt, dann erweicht und nach und nach zu einer tiefbraunen Flüssigkeit in Lösung geht, mit verdünnter Bleichflüssigkeit behandelt gleichfalls erweicht, klebrig wird und schliesslich sich mit Hinterlassung ganz geringer Mengen eingeschlossener Torfpflanzen und kleiner gelber Kügelchen mit tiefbrauner Färbung auflöst. Bemerkenswerth sind die bei beiden Lösungsmitteln zurückbleibenden mikroskopisch kleinen, intensiv braungelben, oft algenartig aneinander gereihten *Gaillonella ferruginea* ähnlichen, oft auch einzeln erscheinenden gelblich braunen, schon im Eingang erwähnten Kügelchen, wie solche bei fast allen älteren Mineralkohlen nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit in fast ganz gleicher Weise immer wieder auftauchen. Sie brechen das Licht schwach, zeigen i. p. L. das schwarze Kreuz kugeligter Bildungen und scheinen einer cerinartigen Substanz anzugehören. (Vergl. Taf. I Fig. 3.)

Der Dopplerit erscheint in dünnen Blättchen als gelbbraune homogene Masse ziemlich durchsichtig, zeigt weder anfänglich noch in einem Zwischenstadium seiner Zersetzung durch die Bleichflüssigkeit Spuren organischer Textur und schliesst nur vereinzelte Fragmente von Torfpflanzen namentlich von Gräsern in seine Masse ein. Er ist eine gleichartige, amorphe Substanz, von der gemäss des Gesamtverhaltens und der Art des Vorkommens auf der natürlichen Lagerstätte angenommen werden muss, dass sie durch eine Ausscheidung aus und in dem Torf ähnlich, wie die Kieselsubstanz in den Hornsteinknollen der Kalksteine entstanden sei, ohne dass hierbei ein erhöhter Druck in irgend einer Weise mitgewirkt hat. Denn sie liegt

in völlig lockerem normalen Torfe, welcher zahlreiche nicht im geringsten Grade zusammengepresste Pflanzentheile umschliesst. Der Dopplerit verbrennt mit russender Flamme und hinterlässt (8,25%) eine schneeweisse Asche von dem Umfange des verbrannten Stücks. Diese Asche zerfällt im Wasser nicht leicht, besteht zerdrückt und unter dem Mikroskop betrachtet aus fein gekörnelten Splitterchen und löst sich unter starkem Brausen in Säuren. Das Ganze macht den Eindruck, als ob die Kalkerde im Dopplerit mit der humusartigen Substanz chemisch verbunden gewesen wäre. Was dieser Substanz eine erhöhte Bedeutung gibt, ist der Umstand, dass die in den meisten Torfarten vorfindliche Eintränkungs- und Verkittungsmasse sich physikalisch, optisch und mit grosser Wahrscheinlichkeit auch chemisch mit ihr gleich verhält und dass wir in fast allen Mineralkohlen einer ähnlichen Ausscheidung und Zwischenmasse begegnen, welche die gleiche Rolle wie der Dopplerit in Bezug auf den Torf bei den älteren kohligten Bildungen zu spielen scheint.

Manche Torfarten erlangen durch das Austrocknen einen hohen Grad von Härte und das Aussehen einer mehr oder weniger dichten, fast homogenen Masse. Das, was man gewöhnlich Specktorf nennt, ist durchgängig ein Mittglied des Torfs mit noch vorwaltend fasriger Struktur und mit Uebergängen in eine scheinbar gleichförmige Masse. Bei dem Austrocknen dieses Torfs tritt in der Regel eine streifen- oder schichtenweise Aufeinanderfolge von mehr und von weniger stark in der Zersetzung der Pflanzensubstanzen fortgeschrittener Lagen kenntlich hervor und steigert sich zuweilen selbst bis zu einer Aufblätterung. Manche ziemlich gleichartig aussehende Torfmassen zeichnen sich durch einen hohen Grad dieser Art Aufblätterung besonders aus. Es gehört wohl ein Theil des sogenannten Blättertorfs (nicht weil er überwiegend aus Pflanzenblättern besteht, sondern sich blättrig spaltet) hierher. Eine ausgezeichnete Probe dieser

Substanz vom Karwenbruch bei Rixhöft in Westpreussen ¹⁾, welche von der See ausgeworfen wird, besteht aus ausserordentlich dünnen, sehr regelmässigen Lagen von gleichartig dichter dunkelbrauner Masse im Wechsel mit helleren, gelblich braunen Streifen, welche zahlreiche Quarzkörnchen beherbergen. In beiderlei Schichten bilden Blätter von Gräsern fast ausschliesslich das Torfmaterial, welches in den braunen Streifen mehr zersetzt, in den heller gefärbten dagegen wenig verändert sich zeigt. Aehnlich verhält sich eine als Martörv-Blättertorf bezeichnete Varietät von der kurischen Nehrung S. v. Nidden, deren Lager früher von einer hohen Düne bedeckt war. Auf dem Querbruche der ausserordentlich dünn geschichteten Masse zeichnen sich zahlreiche dünne Lamellen durch einen starken an Pech- und Glanzkohle erinnernden Glanz zwischen den matten Lagen besonders aus. Nach der Erweichung der Torfmasse durch ammoniakhaltiges Wasser erweist es sich, dass diese glänzende Substanz von den Rippen und festeren Theilen der die Hauptmasse ausmachenden grasähnlichen Blätter abstammt. Neben diesen Pflanzentheilen erkennt man einzelne Reste von Moosblättern, Bastfasern und der Faserkohle gleichstehenden Nadeln in Mitten einer aus gänzlich zerfallenen Pflanzengewebe bestehenden, filzähnlichen, kleinfaserigen Masse. In dieser eingebettet finden sich ausserdem in geradezu erstaunlicher Masse zerplatzte Pollenkörner (häufig zwei Pollensäcke mit Hüllhäutchen. Vergl. Taf. I Fig. 8). Struktur und Zusammensetzung dieser Torfmasse erinnert auf das Lebhafteste an die matten Streifen der Kohlenflötze.

Ein martörvartiges Gebilde vom Boden des kurischen Haffs (Schäfer Haken bei Schwarzort) ist gleichfalls sehr

1) Ich verdanke diese und mehrere der im Folgenden erwähnten Torfproben der besonderen Güte des Herrn Prof. Dr. Jentzsch in Königsberg.

dünn geschichtet und von dysodilartigem Gefüge. Die mattschimmernden einzelnen Lagen enthalten neben den Bestandtheilen, welche wir bei der vorausgehenden Varietät kennen gelernt haben, viele Thontheilchen und unregelmässig vertheilte Sandbutzen.

Von einer als Lebertorf bezeichneten Torfvarietät von Purpesseln bei Gumbinnen gibt Dr. R. Caspary¹⁾ an, dass derselbe in feuchtem Zustande leberbraun und dicht, in 5 Fuss dicken Lagen 10 Fuss unter der Oberfläche vorkomme. Derselbe blättere sich nach dem Austrocknen in dünnen nur papierdicken Lagen auf und bestehe aus feinen, licht graubraunen Körnchen ohne weiteren Bau, Hautstücken von Crustaceen und Pollen von *Pinus sylvestris*, dann selten aus Gewebsresten und vereinzelt *Sphagnum*-Blättchen.

Nach meinen Untersuchungen schliesst sich dieselbe auf engste an die vorausgehenden Proben an. Die Hauptmasse lässt jene eigenthümliche Zusammensetzung aus stark zerfallenen Pflanzentheilchen, welche zu einer kleinfaserig-häutigkörnigen und flockigen Substanz filzartig vermengt aufgehäuft sind, erkennen, wie wir dieselbe bereits als Substrat auch des sogenannten Martörv's gefunden haben. Ihre Abstammung von sich zersetzenden und im Zerfall begriffenen Pflanzengeweben ist nicht im geringsten zweifelhaft. In dieser Hauptmasse liegen nun — abgesehen von einzelnen Insektenresten, namentlich Tracheen — zahlreiche Blattreste mit deutlich erkennbarer Zellentextur nach Art der Gras- und Moosblätter, vereinzelte schwarze Holzzellen und Gefässe, viele runde schwarze Kügelchen (Sporen) und in Unzahl Pollenkörner. Nach ungefährer Berechnung enthält ein Kubikmillimeter des Torfs über 1000 solcher Pollenreste. Hier liegt der Vergleich mit dem Dysodil noch näher, als bei dem Torf vom kurischen Hafl.

1) Caspary in den Schriften der phys.-ökon. Gesellschaft in Königsberg, Sitzungsber. 1870, S. 22.

Zwei Proben von Lebertorf, die eine von Kämmersdorf unfern Osterode, die andere von Doliewen bei Oletzko in Ostpreussen, stimmen darin überein, dass sie im Querbruche aus einer gleichmässig dichten Masse von mattem, der Bogheadkohle ganz gleichem Aussehen und tiefbrauner Farbe zusammengesetzt scheinen. Bei den ersten Abänderungen bilden Blattreste mit noch sehr wohlerhaltener Textur, Fruchtkörnchen und Stengeltheile schichtenartige Streifchen, welche bei der zweiten Art zum Theil durch lagerweis eingebettete Schalen von Süswasserschnecken (*Valvata piscinalis*) ersetzt werden. Stellt man bei letzteren aus der anscheinend ganz dichten Masse dünne Blättchen im Querschnitte her, was auf einer angefeuchteten Stelle mit scharfem Messer sehr leicht gelingt, so erblickt man unter dem Mikroskop jene charakteristische streifigfaserige bis in die dünnsten Lagen fortgesetzte Schichtenstruktur mit eingeschlossenen rundlichen, hellgelben Butzen und linsenartigen rothbraunen Ausscheidungen genau in derselben Weise, in welcher wir die Cannel- und Bogheadkohle in Dünnschliffen unter dem Mikroskop ausgebildet sehen. An der Zusammensetzung betheiligen sich ausser der körnig-häutig-faserigen filzigen Hauptmasse zahlreiche Reste von Gras- und Moosblättern, Wurzelfasern, einzelne Holzfragmente und in grösster Menge wiederum Pollenkörner zu mehreren Tausenden auf den Kubikmillimeter. Dadurch steigert sich die Analogie mit der Cannelkohle in einem so hohen Grade, dass man für beide Kohlengebilde unbedenklich eine nahezu gleiche Bildungsweise anzunehmen berechtigt ist.

Eine bisher nicht entsprechend gewürdigte Erscheinung bei dem Torfe ist ferner das Vorkommen verkohlter Pflanzentheile in demselben.¹⁾ Man begegnet solchen

1) Vielleicht wird unter Humuskohle von einzelnen Forschern die gleiche oder eine ähnliche Substanz verstanden. Ich habe mich in der Literatur hierüber nicht mit Sicherheit belehren können.

tiefschwarzen kohligen Theilen, wiewohl nur in spärlichen Fäserchen und Fragmenten in zahlreichen Torfablagerungen. In ausgeprägter Entwicklung als schmale deutlich faserige Fragmente ganz in der Weise der anthracitischen Faserkohle älterer Mineralkohlen fand ich diese Substanz in Stücken aus den verschiedensten Torfmooren. Damit vorgenommene Versuche belehrten mich, dass diese Torffaserkohle sich analog wie die Faserkohle der älteren Mineralkohlen verhält, zwar viel rascher der oxydirenden Einwirkung der Bleichflüssigkeit unterliegt, aber doch dieser Zersetzung einen relativ grösseren Widerstand als die gewöhnliche Torfsubstanz entgegensetzt. Sie enthält langgestreckte Zellen mit gehöften Tüpfeln und bastzellenähnliches Gewebe. Es ist für mich nicht zweifelhaft, dass auch diese Torffaserkohle dem entspricht, was wir später in ausführlicher Weise als Faserkohle kennen lernen werden.

Der Torf besteht demnach in der Hauptsache — abgesehen von den eingeschwemmten sandigthonigen oder durch Quellenabsatz erzeugten kalkigen (Alm) Beimengungen — aus nur theilweise umgewandelten, aber der Umbildung noch fähigen Bestandtheilen in Form von zerfallenen Pflanzentheilen, an welchen sich die organische Textur, wenn auch oft bis zu einem gewissen Grade verwischt, noch bestimmt erkennen lässt, dann aus deutlichen, mehr oder weniger gut erhaltenen Pflanzenresten und aus einer in und zwischen denselben abgelagerten humusartigen, amorphen Masse, welche aus einer vollständigen Zersetzung pflanzlicher Substanzen hervorgegangen, anfänglich in Wasser gelöst, wahrscheinlich in Folge weiter fortgeschrittener Oxydationsprozesse (Säurebildung) wieder ausgeschieden und durch Entziehen von Wasser — Austrocknen oder Frosteinwirkung — in einen durch Wasser nunmehr nahezu unlöslichen Zustand übergeführt worden ist. Die

eigentlich kohligen Beimengungen sind diesen Hauptbestandtheilen gegenüber nur von geringer Bedeutung. Damit ist im Allgemeinen sowohl in der Substanz, wie in der Textur der verschiedenen Torfarten die Analogie mit älteren Mineralkohlen auf das bestimmteste nachgewiesen.

Auf das, was sich aus diesen wenigen Bemerkungen in Bezug auf die eigentliche Bildung der Torfmoore folgern lässt, werden wir in der Erörterung der Entstehung der älteren Mineralkohlenablagerungen später zurückkommen.

II. Quartäre torf- und mineralkohleähnliche Substanzen.

Es wurde bereits die Uebereinstimmung gewisser kohligter Ablagerungen der Quartärzeit mit Torf im Vorausgehenden berührt. Von Torfbildungen der Jetztzeit der Beschaffenheit nach kaum zu unterscheidende quartäre Torfablagerungen finden sich an sehr zahlreichen Orten. Sie sind den ersteren oft so ähnlich, dass über ihr Alter mit Sicherheit nur der Einschluss diluvialer Thierüberreste, wie die des *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Cervus megaceros* u. A. entscheidet.

Weiter fortgeschritten in der Ausbildung und bereits der Braunkohle sehr ähnlich ist die sogenannte diluviale Schieferkohle, welche schon erwähnt wurde. Sie bietet in ihrem Uebergangsstadium von gewöhnlichem Torf in Braunkohle sehr interessante Verhältnisse dar. In ihrer theils lockeren, torfähnlichen, theils ins Dichte übergehenden, oft bereits pechkohleartigen Hauptmasse liegen nämlich sehr zahlreiche, vorherrschend platte Ast- und Stammstücke, besonders von Coniferen, Birken, Weiden, Erlen, welche theils die Beschaffenheit tertiärer Lignite besitzen, theils bereits in eine dichte pechkohlenartige Masse umgewandelt sind. Ich habe von zahlreichen Fundstellen der Schweiz und aus Südbayern Proben dieser Kohle untersucht und kann daraufhin

ihre torfähnliche Ausbildung für unzweifelhaft erklären. Die mehr lockeren Theile derselben kann man durch Behandeln mit verdünnter Kalilauge leicht in eine weiche, dicht verfilzte Masse verwandeln, aus welcher sich einzelne noch zusammenhängende Pflanzentheile frei machen lassen. In diesen erkennt man unter dem Mikroskop als weit vorherrschende Bestandtheile Blattstücke von Gräsern und Moosen. Unter letzteren fand ich auch ganz deutlich Reste von an den Querwänden kenntlichen Blatttheilen, welche zu *Sphagnum* gehören. Auffallend selten machen sich Gewebetheile von zerfallenem Holz bemerkbar. Dagegen sieht man schon mit unbewaffnetem Auge zahlreiche Coniferen-Nadeln und Zweigstücke beigemischt.

Bei den dichten, pechkohleartigen Massen erhält man durch Anwendung verdünnter Bleichflüssigkeit bessere Resultate als mittelst Kalilauge, welche fast das Ganze in eine nahezu undurchsichtige Masse verwandelt. Bei mässig langer Einwirkung der Bleichflüssigkeit kann man die einzelnen Pflanzentheile ziemlich leicht absondern und weiter untersuchen. Die dichteste Masse einer Schieferkohle von Mörschwyl in der Schweiz, welche ich als Typus der pechkohlenähnlichen Ausbildung auswähle, lässt nach der angeführten Behandlung unter dem Mikroskop dieselben Pflanzenreste in fast gleicher Deutlichkeit wie in der lockeren Varietät erkennen; dazu kommen aber noch zahlreiche durch das Zerdrücken der Masse entstandene, tiefbraune, schalige Splitterchen einer amorphen, texturlosen Substanz, die sich ähnlich wie Dopplerit verhält. In vielen Pflanzentheilen bemerkt man die gleiche tiefbraune Masse als Ausfüllung der Zellenräume, wie dies die Zeichnung Taf. I Fig. 9 darstellt. Es scheint mir nicht zweifelhaft, dass die dichtere Beschaffenheit dieser Theile der Kohle durch die reichlichere Anhäufung der amorphen Ausfüllungsmasse — der Kürze wegen vorläufig Carbohumin genannt — bedingt ist. Be-

merkenwerth ist übrigens auch das wiewohl spärliche Vorkommen von durch die dreieckige Form characterisirten Pollenkörnern, ferner von Moos- und Flechtensporen.

Die ungemein häufig in der Hauptkohlenmasse eingebetteten Coniferenzapfen sind nicht oder nur wenig deformirt und zeigen die Texturverhältnisse in ganz unveränderter Beschaffenheit. Sie liegen unmittelbar neben stark ausgeplatteten Holzstücken. Bei vielen der letzteren fand ich die innere holzige Zone aus einer gelblichen, weichen Substanz, wie vermodertes Holz bestehend, während die Rindenzone sich in eine glänzende Pechkohle verwandelt zeigt. Wir haben hier den ersten Anfang hohler Baumstämme. Dass diese Holzstücke nicht durch grossen Druck comprimirt wurden, sondern in erweichtem Zustande einfach in sich zusammengesunken oder durch die schwache Last auflagernden Gesteins sich in die Breite verflachten, wie die erwähnten Stämme im Torf, beweist das Vorkommen von nicht zusammengedrückten Zapfen in unmittelbarer Nähe, von Stengeln und selbst hohlen Wurzeln, welche in ihren natürlichen Dimensionen erhalten sind.

Aus der pechkohlenartigen Rinde entwickelt die Bleichflüssigkeit die unveränderten Formen des characteristischen Gewebes. Die Annahme, dass hier die Rindenpartie durch Druck sollte in Pechkohle verwandelt worden sein, während die centralen Zonen in lockerem Zustande verblieben wären, ist nach diesen Wahrnehmungen absolut ausgeschlossen, selbst wenn auch die Ausplattung der Holzstämme eine sehr beträchtliche gewesen wäre. Nach dem Ausmaass ergab sich jedoch im Mittel, dass die vorliegenden Asttheile — eigentliche Stämme standen mir nicht zur Verfügung — in der Dicke ungefähr nur auf die Hälfte reducirt sind, dagegen in der Breitenrichtung entsprechend sich ausgedehnt haben.

Bezüglich der Entstehung dieser Ablagerungen von Schieferkohle am Nordrande der Alpen kann ich dem von Heer (a. a. O. S. 516) geschilderten Verhalten bei Dürnten noch ein sehr lehrreiches Beispiel aus dem Imbergtobel bei Sonthofen beifügen. (Vergl. meine geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 804 und Penck, die Vergletscherung in den Alpen S. 257). Es besteht hier nämlich das Braunkohlenflötz häufig aus zahlreichen Einzellagern, welche durch Zwischenschichten von sandigem Mergel getrennt sind. Diese Zwischenlagen sind erfüllt von Pflanzentrümmern, namentlich von Coniferennadeln und tragen ganz den Character von Ueberschwemmungsbildungen an sich, welche sich zu wiederholten Malen über den fortwuchernden Torf ausgebreitet haben. Wir erhalten auf diese Weise das lebhafteste Bild von Kohlenflötzen, welche durch zahlreiche Zwischenmittel getrennt sind, während die Kohlenmasse selbst deutliche Schichtung erkennen lässt.

Besonders ausgezeichnet dünn und wohlgeschichtet ist das diluviale Braunkohlenflötz von Grossweil unweit des Kochelsees, welches aus leicht zu trennenden Lagen von Braunkohle, Ast- und Holztheilen und von solchen aus Blättern von Gräsern und Moosen besteht. Durch Anwendung von verdünnter Kalilauge lassen sich die einzelnen zusammengefilzten Pflanzentheile ziemlich gut isoliren. Die Mooslagen fand ich weit überwiegend aus *Sphagnum*-Blättchen zusammengesetzt. In den andern Schichten beobachtete ich ungemein zahlreiche Pollenkörner (Taf. I Fig. 10) und kleine Rasen, welche aus zahlreichen kleinsten kolbenförmigen Fäden bestehen und einer Alge anzugehören scheinen (Taf. I Fig. 10). Es verdient hervorgehoben zu werden, dass wir es hier Angesichts der Anhäufung von *Sphagnum* unzweideutig mit einer entschiedenen Torfbildung zu thun haben, die gleichwohl aufs Deutlichste eine Schichtung in verhältnissmässig dünne Lagen erkennen lässt.

III. Tertiäre Braun- und Pechkohle.

Von der eben beschriebenen diluvialen Braunkohle ist nur ein kurzer Schritt zu gewissen tertiären Kohlenbildungen, welche den eigentlichen Typus der sogenannten Braunkohle darstellen. Diese besteht in der Hauptsache aus schiefrig abgesonderten Lagen einer mehr dichten und kompakten, braunen, muschelrig brechenden Masse und einer mehr erdig brüchigen, leichter zerreiblichen, gelblichbraunen, mattaussehenden Substanz. Hin und wieder heben sich vollständig pechartig derbe, schwarze Streifen oder Holzstücken entsprechende Einlagerungen zwischen den übrigen matten Streifen durch auffallenden Glanz oder besondere Farbe hervor. In andern Fällen herrschen holzige Bestandtheile, Holzstücke und Aeste mit noch wohlerhaltener Holztextur (Lignit) vor, wie wir dies zum Theil auch bei den diluvialen Bildungen kennen gelernt haben. Auf der anderen Seite gibt es tertiäre Kohle mit braunem Striche und einem Gesamtverhalten, welches sich jenem der oben genannten normalen Braunkohle eng anschliesst, deren Aussehen aber sonst völlig dem der ächten Steinkohlen gleich kommt. Auf diese Braunkohlen vom Aussehen der echten Steinkohlen sollte die Bezeichnung Pechkohle füglich beschränkt bleiben.

Während die ächte typische Braunkohle trotz ihres mannichfaltig wechselnden Verhaltens der ganzen Zusammensetzung und Ausbildungsweise nach sich der diluvialen anreicht und durch ganz allmähliche Uebergänge mit letzterer sich verbunden zeigt, so dass über ihre analoge Entstehung kaum ein Zweifel auftauchen kann, scheint die Pechkohle unter ganz besondern Verhältnissen entstanden zu sein.

Bezüglich der ersten Kategorie von Tertiärkohle dürfen wir uns bei den vor Augen liegenden Analogien mit

diluvialer, aus Torflagern entstandener Braunkohle auf wenige Bemerkungen beschränken.

Betrachtet man die typische Braunkohle auf den Parallelfächen, welche deutlich Schichtungsabsonderungen entsprechen, so lassen sich darauf fast immer langgestreckte, parallelstreifige Pflanzentheile unterscheiden, welche wohl unbedenklich für Blattreste von *Gramineen* angesehen werden dürfen. Es gelingt zuweilen, dieselben abzuheben und unter dem Mikroskop als zu den Gräsern gehörig näher zu bestimmen. Andere, durch Farbe und Umrisse weniger deutlich abgegrenzte Fragmente — mit Ausnahme der zahlreichen Früchte — leisten einer näheren Deutung grösseren Widerstand. Am häufigsten noch bestimmter erkennbar treten Coniferennadeln hervor. Versucht man unter Wasser die einzelnen Pflanzentheile auseinander zu zerren, so gelingt dies in der Regel nicht gut und bei Anwendung von verdünnter Kalilauge erhält man meist ein so stark ineinander verfilztes Haufwerk von tief dunkelgefärbten Pflanzenfragmenten, dass man ausser den Gräsern nur sehr zerfetzte Bruchstücke zur weiteren Untersuchung unter dem Mikroskop erlangt. Doch sind sie immerhin zureichend, um in ihnen das Blattnetz von Moosen zu erkennen. Soweit meine Untersuchungen reichen, lassen sich unter denselben *Sphagnum*-Blattreste nicht nachweisen. Auffallend ist hier wie bei der diluvialen Braunkohle die Seltenheit von zerfallenen Holzgewebetheilchen, während doch Zweige, Aeste und Stämme von Holz in grosser Anzahl in der Braunkohlenmasse eingebettet liegen. Es scheint, dass sich Holztheile in durch den Vermoderungsprocess zerstückeltem Zustande an der Zusammensetzung verhältnissmässig seltener betheiligten, dass dagegen Aeste und Zweige in nicht vermodertem und zerfallenem Zustande von Aussen durch Anschwemmung reichlich beigeführt worden sind.

Unterwirft man die gewöhnliche Braunkohle der Einwirkung der Bleichflüssigkeit in verdünntem Zustande, so erhält man eine hellgelbliche Masse, welche sich zu weiteren Untersuchungen unter dem Mikroskop vortrefflich geeignet erweist. Man erkennt in diesem aus zerfallenen kleinsten Gewebetheilen bestehenden filzartigen Rückstande ein wahres Haufwerk zerstückelter von Gräsern und Moosen abstammender Blätter, welche die parallelstreifige und maschenartige Textur in voller Klarheit zu beobachten gestatten. In sehr grosser Anzahl finden sich ausserdem Pollenkörper, theils in geschlossenen Körnchen, theils in zerplatzttem Zustande mit noch anhängender häutiger Hülle (Exine) und sehr viele solcher isolirter Hüllhäutchen in zerrissenen Fetzen zertheilt (Taf. I Fig. 14). In sehr vielen Braunkohlen kommen ferner *Diatomeen*, sowie Insektenreste, nadeln- und ankerähnliche Stäbchen von *Spongillen* vor. Die torfähnliche Zusammensetzung liegt hier klar vor.

Um die Wirkung des hohen Drucks kennen zu lernen, habe ich auf Lignit eines nicht deformirten Coniferenstammes sowohl senkrecht wie parallel zur Faserrichtung einen Druck von 6000 und 20000 Atm. in vollständig geschlossenem Raume einwirken lassen. Die Untersuchung des Lignites im ursprünglichen Zustande vor Anwendung des Druckes lehrte, dass die Zellen- und Gefässtextur des Holzes noch vollkommen erhalten war; im Horizontalschnitte erwies sich der Raum in den Zellen und Gefässen satt erfüllt mit einer gelblichen und braunen amorphen Masse von der Art der früher als Carbohum in bezeichneten Substanz, die sich in Kalilauge löst, mit Chlorjodzink jedoch nur etwas dunkler färbt. In der Mitte jeder Zelle bemerkt man einen etwas dunklen, länglichen Streifen, nach welchem sich die Zelle, wenn man sie durch Druck quetscht, theilt. Bei Anwendung von 6000 Atm. Druck senkrecht zur Faserung erlitt der Lignit eine Comprimirung von 100 mm auf 84 mm und pa-

rallel der Faserung von 100 mm auf 73 mm. Die Holzmasse selbst nahm eine etwas dunklere Färbung, ein der Glanzkohle sich näherndes Aussehen und grössere Festigkeit an, ohne dass sich bei Dünnschnitten unter dem Mikroskop eine beträchtliche Reduktion der Zellendimensionen bemerken liess, nur zeigten sich die Holzfasern bei dem Druck parallel zu ihrer Richtung zusammengestaucht, zickzackförmig geknickt, wohl auch abgerissen und verschoben. Unter einem Druck von 20000 Atm. erlitt der eingeschlossene Lignit eine Verkürzung bei einer Druckrichtung senkrecht zur Faserung von 100 mm auf 82 mm; bei einem Druck parallel zur Faserung von 100 mm auf 67 mm. Im Verhältniss zu der um mehr als das Dreifache gesteigerten Krafteinwirkung erlitt der Lignit hierbei gegen die erste Druckprobe eine vergleichsweise geringe weitere Verkürzung. Dementsprechend war auch die substanzielle Aenderung eine kaum bemerkbar gesteigerte, so dass unter dem Mikroskop die Dimensionsminderung der Holzzellen sich kaum weiter bemerklich machte, wie die Vergleichung der Zeichnungen nicht gedrückter (Taf. I Fig. 12) und gedrückter (Taf. I Fig. 13) Gewebe leicht beurtheilen lässt. Es rührt dies, gegenüber den Resultaten bei Moostorf offenbar von dem Umstande her, dass die Zellen in ihrem Innern von humusartiger Masse vor Anwendung des Drucks bereits vollständig ausgefüllt waren, während bei dem Moostorfe zahlreiche Hohlräume sich vorfanden.

Für die Beurtheilung der Wirkung hohen Drucks bei der Entstehung der kohligen Ablagerungen sind diese Versuche von einiger Bedeutung, da ein Druck von 20000 Atm. sich schon einigermaßen mit einem namhaften Gebirgsdruck in Parallele stellen lässt. Sie lehren, dass in vollständig und allseitig geschlossenen Lagen, wie wir uns meist die Kohlenmasse in den Gebirgsschichten eingebettet denken müssen, die kohlenbildenden Pflanzentheile einem beträchtlich hohen Druck ausgesetzt sein konnten, ohne in ihren Texturver-

hältnissen eine beträchtliche Störung oder Veränderung zu erleiden, sobald angenommen werden darf, dass in denselben keine Hohlräume vorhanden waren. Wir werden aber später nachzuweisen versuchen, dass ein hoher Druck bei der Bildung von Mineralkohlen weder wirklich wirksam thätig war, noch dass derselbe nothwendig und als wesentliche Bedingung der Entstehung dichter Mineralkohle angesehen werden darf.

Bei den gewöhnlichen schiefrigen Braunkohlen bemerkt man besonders deutlich auf dem Querbruche einzelne Streifen oder zusammenhängende Lagen von sehr dichter schwarzer, pechartig glänzender Kohle, welche mit matten Zwischenmassen wechseln. Bei näherer Untersuchung ergibt sich, dass solche pechartig dichte Partien meist von Holzstücken herrühren oder überhaupt von festeren Pflanzentheilen abstammen. In den meisten Fällen gelingt es einfach durch Absprengen dünne Splitterchen zu gewinnen, in welchen die Pflanzentextur nahezu unverändert sich erhalten erweist. In vollständigerer Weise zeigen dies leicht herzustellende Dünnschliffe. Hierbei ist es selten nöthig, sich zur Klärung der Bleichflüssigkeit zu bedienen; doch erhält man durch letztere weiche Bruchstücke, bei welchen sich die einzelnen Gewebelemente durch sanftes Drücken isoliren lassen (Vergl. Taf. I Fig. 15). Man kann von solchen aus wechselnd matten und pechähnlich glänzenden Lagen bestehenden Varietäten der Braunkohle leicht eine fortlaufende Reihe verfolgen, welche endlich zu geschlossenen pechkohlenartigen, jedoch immer noch deutlich zur eigentlichen Braunkohle gehörigen Abänderungen hinführt, wie sie in fast allen grösseren Braunkohlenablagerungen flötzweise gesondert oder in gewissen Abtheilungen oder Zwischenlagen der einzelnen Flötze vorkommen pflegen, z. B. am Meissner, auf dem Habichtswalde, auf der Rhön, in Böhmen und a. a. O. Sie scheinen ihren Ursprung dem Vorwalten holziger Theile zu verdanken. Dies wird auch durch die Versuche mittelst der Anwendung

der Bleichflüssigkeit die Textur dieser anscheinend dichten Substanz aufzuklären, vollständig bestätigt. Mag in manchen Fällen die grössere Anhäufung von Holz durch Beischwemmung bewirkt worden sein, am häufigsten dürfte es zutreffend erscheinen, dieselbe von der Ueberhandnahme einer waldigen Vegetation über einem Torfmoor oder Sumpfe abzuleiten. Ein belehrendes Beispiel dieser Art war in einem Flügel des Braunkohlenflötzes von Wackersdorf bei Schwandorf geboten, wo durch eingedrungene Kieselsubstanz das Braunkohlenlager gleichsam in statu nascenti versteinert wurde. Ein Haufwerk von Zweigen des *Glyptostrobus europaeus*, mit grösseren Asttheilen vermengt, liegt hier wie Waldstreu über dünnen Lagen, welche nachweisbar aus Blättern von Moosen und Gräsern torfartig zusammengesetzt sind.

Diese Beispiele lehren unzweideutig, dass bereits bei den Braunkohlenbildungen von entschieden torfmoorartiger Entstehung eine schichtenweise Wechsellagerung von matter und glänzender Kohlensubstanz sich bemerkbar macht, wie wir dieselbe später bei den älteren Mineralkohlen wiederkehren sehen.

Eine weitere merkwürdige Erscheinung verstärkt diese Analogie in hohem Grade. Bei den oft stark pechartig dichten Braunkohlen des Traunthals in Oberösterreich zeigen sich in besonderer Häufigkeit Fetzen von rabenschwarzer Faserkohle genau in der Weise der Hauptmasse beigemengt, wie dies bei der anthracischen Faserkohle der ächten Steinkohle der Fall ist. Selbst die wellige Streifung, die lockere Beschaffenheit und die unregelmässige Umgrenzung theilt sie mit der ächten Faserkohle. Auch chemisch verhält sie sich ähnlich, färbt Kalilauge nur ganz schwach bräunlich und wird durch Bleichflüssigkeit schwierig, jedoch leichter, als die ältere Faserkohle, aber immer nur theilweise gebleicht, wobei unter dem Mikroskop Holzzellen mit gehöften Tüpfeln sehr deutlich zu sehen sind. Auch bei der Braunkohle von

Falkenau (nicht Gaskohle) fand ich dieselbe tertiäre anthracitische Faserkohle. (Taf. I Fig. 16). Sie wird sich wohl bei näherer Untersuchung bei den meisten Braunkohlen nachweisen lassen. Ich erinnere an das bereits erwähnte Auftreten von faseriger Kohle im Torfe, um auf die Continuität der durch die verschiedensten Mineralkohlenbildungen immer wiederkehrenden Erscheinung der beigemengten Faserkohle aufmerksam zu machen.

Im Gegensatze zu diesen pechähnlich gestreiften Kohlen der Braunkohlenformation stossen wir vielfach auch auf Varietäten von anscheinend gleichmässiger, oft erdiger, ins Dichte verlaufender Beschaffenheit. Wir haben in diesen besonderen Modifikationen die Braunkohlenausbildung, welche dem sogenannten Schlamm-, Bagger- und Moortorfe entspricht, vor uns. Es fehlen darin selbst auch die *Diatomeen*-reichen Lagen nicht, wie ich sie in der Braunkohle bei Mitterteich und in mächtigen Lagen in jener von Sauforst (Geogn. Besch. d. ostb. Grenzgeb. S. 789) nachgewiesen habe. Solche Braunkohlen bestehen aus fast gänzlich in kleinste Zellen- und Gewebetheile oder -Trümmer zerfallenen Pflanzenresten, zugleich vermengt mit Epidermishäutchen, Pollenkörner (besonders isolirte Hüllhäutchen derselben) und Sporen, verunreinigt und vermengt mit thonigem Schlamm, der sich in der Asche reichlich vorfindet. Zusammenhängendes Pflanzengewebe ist verhältnissmässig seltener, darunter kehren einzelne deutlich zu unterscheidende Nadeln von Faserkohle immer wieder.

Hier reiht sich auch die angezündet cannelkohleartig fortbrennende sogenannte Gaskohle von Falkenau an, die ich einer näheren Untersuchung unterzog. Sie besteht in der Hauptmasse aus sehr zerstückelten und zerfallenen Pflanzentheilen in Form gekörnelter Flocken und kurzer Stäbchen. Mit der Bleichflüssigkeit behandelt fallen die schwarzen Nadeln der auch hier eingemengten Faserkohle sofort ins Auge. Daneben zeigen sich in feingekörnelte

Flocken eingehüllt zahlreiche kugelige oder halbkugelige Pollenhäutchen, welche sich aus der Umhüllung schwierig frei machen lassen. (Taf. I Fig. 17.) Auch kommen zahlreiche, kleinste Klümpchen, wie sie bei der Diluvialbraunkohle (Taf. II Fig. 11a) erwähnt worden sind, vor. Deutlich erkennbar sind tief braun gefärbte, meist zweitheilige Sporen von Flechten oder Algen. (Vergl. Taf. I Fig. 18.) Die weisse, stellenweis röthliche, voluminöse Asche, 7,75⁰/₁₀ betragend, enthält in den rothgefärbten Theilen Bruchstücke mit noch erkennbarer Pflanzentextur, sonst Thonflocken und einzelne Quarzkörnchen.

Im Ganzen erweist sich diese Tertiärkohle als Analogon der älteren, später zu beschreibenden Gaskohle und des bereits geschilderten Lebertorfes.

Pyropissit.

Aeusserlich sehr unähnlich, weil von pulverigstaubartiger, lockerer Zusammensetzung, aber im Gesamtverhalten der Falkenauer Gaskohle vergleichbar verhält sich der Pyropissit von Weissenfels. Die bräunlichgelbe, krümelige, mit Wasser schwer zu befeuchtende Substanz bietet unter dem Mikroskop nur körnige, unregelmässig begrenzte Bröckchen, rundliche undurchsichtige Knöllchen und vereinzelte braune Blattfetzen mit noch gut erhaltener Textur, wie sie bei Moosen sich findet, dar. In Stücken, welchen durch kochenden Alkohol und Aether die harzartigen Gemengtheile entzogen sind, lassen sich, nachdem sie mit der Bleichflüssigkeit behandelt worden sind, im Rückstande kaum weitere Spuren einer organischen Textur, einzelne Faserkohlen ähnliche Fetzen ausgenommen, unterscheiden. Nur schleuderähnliche, oft spiralig gewundene dünne Fäden (vergl. Taf. I Fig. 19) habe ich häufig beobachtet. Rundlich umgrenzte Flecken deuten auf eine Betheiligung von Sporen und Pollen hin. Bei sehr langsam gesteigerter Hitze verkohlt und in Asche verwandelt hinter-

lässt der Pyropissit einen im Volum gleich grossen, graulich weissen Rückstand zu 14,2%, der sich unter Aufbrausen theilweise löst. Die übrigbleibenden Theile bestehen aus sehr zahlreichen scharfeckigen Quarzkörnern, kleinsten Quarzkryställchen, Thonschollen und einzelnen opaken schwarzen Kügelchen. Diatomeen wurden nicht beobachtet.

Der Pyropissit aus der Braunkohle von Sauforst verhält sich im Allgemeinen sehr ähnlich; doch sind entschieden zahlreichere Reste von Moos- und Grasblättern an der Zusammensetzung betheiligt. Auch findet man ganze Stücke von Holz, welches merkwürdiger Weise in derselben Weise, wie die Hauptmasse, in eine gelbe zerreibliche Substanz mit sehr wohl erkennbarer Textur verwandelt ist. Noch deutlicher treten die Blatttheile neben sehr zahlreichen Pollenkörnern nach dem Behandeln mit Aether, der sich tiefbraun färbt, hervor. Wendet man Bleichflüssigkeit an, so machen sich zahlreiche braune Kügelchen, dann durchlöcherter kugelige Bläschen und durchlöcherter Blättchen von harzähnlichen Stoffen in grosser Häufigkeit bemerkbar. Letztere sind nach dieser Beobachtung wohl erst durch die Einwirkung der Chemikalien gebildet worden. Von diesen kugeligen, zum Theil schaligen Körperchen muss man aber die halbkugeligen Häutchen wohl unterscheiden, welche sicher den Hüllen zerplatzter Pollenkörnchen angehören.

Eine eigene Art von Braunkohle macht der sogenannte

Dysodil

aus. Diese aus äusserst dünnen Lagen zusammengesetzte Braunkohle wird bekanntlich vielfach benützt, um daraus Paraffin herzustellen. Die Untersuchung der Proben von Rott unfern Bonn und von Sieblös in der Rhön ergaben übereinstimmend, dass die Spaltbarkeit in papierdünne Blättchen von einer thonigen, mit feinen Quarztheilchen untermengten Substanz herrührt, in welcher die Paraffin liefernde Masse ein-

gefüllt ist. Nach dem Behandeln mit der Bleichflüssigkeit geben sich nur sehr spärlich einzelne zellige Pflanzentheile, algenähnliche Häufchen und rundliche Pollenhäutchen (Taf. I Fig. 20) zu erkennen, während zahlreiche bräunliche, unregelmässig umgrenzte Häutchen ohne deutliche Textur sind. Sie scheinen thierischen Abfällen zu entsprechen. Auch nach der Anwendung von Flussssäure werden diese Theilchen nicht deutlicher. Im Ganzen macht der Dysodil den Eindruck einer Ablagerung in einem Süßwasserbecken, in welchen zahlreiche Thiere lebten, deren Abfälle mit Thon und zerfallenen Pflanzengeweben neben Pollenkörnern vermenget sich in dünnsten Lagen am Grunde niedergeschlagen haben — nach Art gewisser Blättertorfablagerungen.

Tertiäre Pechkohle.

An der Grenze zwischen pechähnlich glänzender Braunkohle und der eigentlichen schwarzkohlenähnlichen Pechkohle steht eine Anzahl tertiärer Mineralkohlen, von denen ich die Kohle von Prevali in Kärnthen und von gewissen Ablagerungen im Traunthalgebiete näher untersucht habe. Die schwärzliche, aus dünnen matten und stark glänzenden Lagen zusammengesetzte Kohle von Prevali wird durch die Bleichflüssigkeit unter Bildung einer tiefbraunen Flüssigkeit leicht oxydirt. Man erhält auf diesem Wege sehr zahlreiche Trümmer mit sehr deutlicher Pflanzentextur, Zellen von Parenchymform und Epidermishäutchen, dann deutlich dreieckige Pollenkörner und halbkugelige scheibenförmige Häutchen in grosser Anzahl innerhalb der matten Streifen, während holzgewebeähnliche langgestreckte Fasern sich auf die stark glänzenden Zwischenlagen beschränken. Sehr zahlreiche, hohle, von vielen ungleich grossen Löchern durchbrochene Kügelchen dürften, wie bei dem Pyropissit, als Reste zersetzter harzartiger Theile zu deuten sein in gleicher Weise wie dünne Blättchen, welche nach Art

nackter Plasmamassen von vielen ungleich grossen Poren durchlöchert sind. (Taf. I Fig. 21.)

Die stark pechartig glänzende Kohle (nicht Lignit) aus dem Traunthale zeichnet sich dadurch aus, dass sie, wie der Aufschluss durch die Bleichflüssigkeit lehrt, fast ganz aus Fasergeweben zu bestehen scheint, bei welchen sich jedoch eine weitere Textur nicht gut erkennen lässt. Verkohlt man jedoch solche Stücke, so bleibt in der röthlichen Asche, welche denselben Raum beibehält, wie es das Kohlenstück besass, die Holztextur so ununterbrochen und vollkommen erhalten, dass man in der ausschliesslich aus Holzzellen oder -Gefässen bestehenden faserigen Masse sogar noch deutlich Tüpfel und Markstrahlen unterscheiden kann.

Unter den ächten tertiären Pechkohlen stand mir als eine der ältesten die obereocäne oder unteroligocäne Kohle von Häring im Innthale zunächst zur Verfügung. Mit diesem Vorkommen ist ein um so grösseres geologisches Interesse verknüpft, als diese Kohlenablagerung, hier in unzweifelhaft marinen Mergelschichten eingebettet, von kalkigen Schichten begleitet wird, welche neben brackischen und Land-Conchylien durch den Reichthum wohlerhaltener, zahlreicher, durch Herrn v. Ettingshausen genau beschriebener Pflanzenreste ausgezeichnet ist. Man wird nicht weit fehl greifen, wenn man sich diese Kohle in einer engen, zum Theil halb ausgestüsten Meeresbucht entstanden denkt und annimmt, dass eine ungemein üppige, den Cedernstümpfen analoge Vegetation auf den flachen Uferländern wucherte und die abgestorbenen und halbvermoderten Abfälle durch Abschwemmungen der Bucht als Material zur Kohlenbildung überlieferte. Dieser Annahme entspricht auch die Beschaffenheit der Kohle, welche aus ziemlich gleichmässig glänzenden Einzellagen zusammengesetzt ist. Mit Kalilauge gekocht lietert diese Kohle in den stärker glänzenden Streifen eine nur schwach bräunlich gefärbte Flüssigkeit, mit der Bleich-

flüssigkeit behandelt dagegen wird sie hellgelb und zeigt unter dem Mikroskop eine Zusammensetzung fast ausschliesslich aus Blattresten, Epidermis — und aus Pflanzentheilen mit parenchymatischer Textur. Die matten Zwischenlagen zeichnen sich durch das Verworrene ihres Gefüges und dadurch aus, dass in denselben nicht gerade häufig feinstreifige Faserkohle mit sehr deutlich getüpfeltem Holzgewebe vorkommt und thonige Beimengungen reichlich vertreten sind.

Zu Controlversuchen durch Herstellung von Asche eignet sich hier ganz besonders die durch Grubenbrand auf einen Theil des Flötzes erzeugten Cokes. Sie liefern einen noch grossentheils zusammenhängenden Aschenrückstand, der bei näherer Untersuchung auch nicht den geringsten Zweifel übrig lässt, dass die Kohle in ihrer ganzen Masse aus mit erhaltener Textur versehenen Pflanzentheilen zusammengesetzt ist, unter welchen Blattreste und sehr zerstückelte Holztheile besonders hervortreten.

Die *Cosina-Kohle* der liburnischen Stufe Dalmatiens, welche zu den ältesten tertiären Ablagerungen gerechnet wird, hat äusserlich grosse Aehnlichkeit mit der Häringer Kohle. Die mir vorliegenden Proben besitzen einen matten Glanz, eine rabenschwarze Farbe und einen kaum ins Bräunliche verlaufenden tiefschwarzen Strich. In den durch Bleichflüssigkeit aufgeschlossenen Theilen bemerkt man unter dem Mikroskop vorwaltend holzartige Reste mit nur undeutlicher Textur, Epidermalgebilde und besonders häufig flockige Häufchen von Thon mit reichlich eingebetteten rundlichen Scheibchen (wahrscheinlich Pollenexinen darstellend) und schlangenartig gewundenen, gestreiften Röhrrchen (Taf. I Fig. 22).

Auch die *Pechkohle von Djiddeh* im Gebiete des kaspischen Meeres, welche Dr. Muck¹⁾ (Steink. Chemie S. 129)

1) Ich habe durch die Güte des Herrn Dr. Muck Originalproben dieser, sowie vieler der von ihm erwähnten besonderen Kohlen-

erwähnt, lässt nach der Behandlung mit Bleichflüssigkeit auf das Deutlichste ihre Zusammensetzung aus Holzsubstanz mit erhaltener Textur erkennen. (Taf. 1 Fig. 23.) Sie eignet sich in vorzüglicher Weise zu dem Versuche, diese Textur auch in der Asche wieder nachzuweisen, weil letztere bei dem Verbrennen in zusammenhängenden Massen zurückbleibt, die leicht mit verdünntem Kanadabalsam durchtränkt und dann sogar zu Dünnschliffen verwendet werden können. Diese Aufschlüsse lassen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig.

Zu den bedeutendsten Pechkohlenablagerungen zählt die längs des nördlichen Alpenrandes verbreitete oberoligocäne Pechkohlenbildung in Südbayern. (Vergl. meine Schilderung: Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 756 und Abriss d. geogn. Verh. d. Tertiärsch. bei Miesbach.) Es liegen hier zwischen ungemein mächtigen Mergelschichten, erfüllt von brackischen Conchylien (*Cyrenen, Cerithien etc.*), Blattreste führenden Sandsteinbänken und groben festen Conglomeraten zahlreiche, bis 1 Meter mächtige, tiefschwarze Kohlenflötze, welche ihrem äusseren Aussehen nach von typischer älterer Steinkohle kaum zu unterscheiden sind. Mit den Kohlenbänken wechsellagernd stellen sich sehr häufig gelblich weisse, bituminöse Kalkschichten, sog. Stinkkalk mit Einschlüssen von Land- und Süswasserconchylien ein. In der Kohle selbst wiederholen sich in schichtenartiger Verbreitung die gleichen Einschlüsse von Helixschalen, welche in der Regel zerbrochen und zusammengedrückt erscheinen. Die Kohlenmasse selbst besteht aus zahlreichen Einzellagen von wechselnd matterem und stärkerem Glanze. Auch Faserkohle ganz in der Art und Weise, wie bei der ächten Steinkohle, überdeckt nicht selten die zahlreichen zerfetzten

arten erhalten und fühle mich für diese Gefälligkeit zu bestem Danke verpflichtet.

Trümmerchen einzelner Zwischenstreifen. Zwischen Kohle und Stinkkalk findet zuweilen ein ganz allmählicher Uebergang statt. In den starkglänzenden Flötzlagen zeigt sich eine ähnliche würfelige Zerklüftung, wie in jenen der ächten Steinkohle, sie greift aber nicht durch die matten Zwischenlagen hindurch; Kalkspathblättchen mit fischschuppenartigen Zeichnungen oder Schwefelkieshäutchen füllen meist die Zerklüftungsspalten aus, welche zuweilen dieselben augigen Zeichnungen in gleicher Vollkommenheit wie in der Steinkohle (Augenkohle) wahrnehmen lassen. Diese Augen können nur als Folgen der bei der Zerklüftung der spröden Kohlenmassen einer Trennung Widerstand leistenden Zähigkeit der Substanz zugeschrieben werden. Man kann ganz ähnliche Absonderungen bei zähem Thon beobachten, wenn man denselben auseinanderreisst.

Die in den die Kohlenflötze unmittelbar begleitenden, mergeligen und sandigen Schichten vorkommenden, gut erhaltenen Pflanzenreste (meist Blätter), gehören überwiegend dikotyledonischen Laubbäumen an, gegen welche die Coniferen und sonstige Gewächse weit in den Hintergrund treten. (Vergl. Heer, *Urwelt der Schweiz*, S. 312). Es ist hervorzuheben, dass eigentliche äusserlich erkennbare Baumstämme nur als Seltenheiten in den Kohlenflötzen bis jetzt beobachtet worden sind.

Untersucht man nun die verschiedenen, die Flötze zusammensetzenden Varietäten, die Matt-, Glanz- und Faserkohle unter Anwendung der Bleichflüssigkeit näher, so ergibt sich aus zahlreichen an Kohlen verschiedener Flötze und Fundstellen vorgenommenen Versuchen, dass die Mattkohle aus Trümmerchen von, wie es scheint, stark zerfallenen Pflanzentheilen untermengt mit Blattresten und zahlreichen Epidermalgebilden (Taf. I Fig. 24) besteht, während die Glanzkohlen-Lagen in ihrer amorphen, ursprünglich texturlos scheinenden braunen Masse fast nur

Holztheile erkennen lassen (Taf. I Fig. 25). Die Holztextur ist hierin trotz der grossen Dichte der Kohlensubstanz doch sehr bestimmt nachweisbar, obwohl bei den einzelnen Zellen und Gefässen nicht gerade häufig die feineren Verhältnisse zu sehen sind. Doch zeigen sich immer Spuren von Tüpfelung, Streifung und Markstrahlen. (Vergl. Taf. I Fig. 26). Dies tritt in erhöhtem Maasse bei der Faserkohle ein, welche viel leichter, als jene der Steinkohle der Zersetzung durch die Bleichflüssigkeit unterliegt. Namentlich sind es einzelne Partien oder Zellen, welche auffallend rasch angegriffen werden und in Kalilauge sofort sich auflösen, während andere Fasern selbst bei langdauernder Einwirkung und bei Anwendung von Kochhitze unverändert sich erhalten. Gehöfte Tüpfel sind häufig, Querleistchen, welche Treppengefässen angehören, verhältnissmässig selten, dagegen den Markstrahlen entsprechende Querstreifchen in der Regel zu sehen. (Taf. I Fig. 27).

Die Pechkohle scheint nach diesen Untersuchungsergebnissen durch und durch aus mit Textur versehenen Pflanzen-, hauptsächlich Holztheilen zusammengesetzt zu sein und eine texturlose, dem Dopplerit analoge Substanz nur beigeordnet als Ausfüllungsmasse in und zwischen den Pflanzentheilen zu enthalten.

Es liesse sich einwenden, dass bei dem eingeschlagenen Wege der Untersuchungen immer nur einzelne zerrissene Fetzen von Pflanzentheilen zum Vorschein kommen, die der direkten Beobachtung zugänglich sind und dass angenommen werden könnte, die Hauptmasse der Kohle bestehe trotzdem aus einer weit vorwaltend amorphen und texturlosen Substanz, in welcher die beobachteten, mit Textur erhaltenen Pflanzenreste nur als nebensächliche Einschlüsse zu betrachten seien. Es soll nicht bestritten werden, dass so wie bei dem Torf Ausscheidungen homogener Kohlensubstanz (Dopplerit) vorkommen, auch bei den Mineralkohlenbildungen ähnliche,

texturlose Massen auftreten können. Ich werde später selbst auf den Nachweis solcher Substanzen zurückkommen. In der Hauptsache aber glaube ich denselben nur eine, wenn auch wesentliche, Theilnahme als Zwischen- und Ausfüllungsmasse zuerkennen zu können. Um dem oben berührten Einwand zu begegnen, dient in der überzeugendsten Weise, wie ich dies bereits an der Pechkohle von Djiddeh gezeigt habe, die theilweise Verbrennung der Kohle und sorgfältige Untersuchung der noch in ihrem Zusammenhange erhaltenen Asche. Dieses Mittel bei der südbayerischen Pechkohle in Anwendung gebracht, dient in ausgezeichneter Weise zur Bestätigung meiner oben ausgesprochenen Annahme.

Es genügt, einige wenige Beispiele näher anzuführen, wobei zunächst in Bezug auf die Art der Aschenuntersuchung unter dem Mikroskop die Bemerkung vorausgeschickt sei, dass hierbei statt Wasser Nelkenöl oder wasserfreies Glycerin mit Vortheil Verwendung findet. Die schon erwähnte Augenkohle von Penzberg gehört zu den anscheinend gleichmässigsten und am stärksten glänzenden Sorten der südbayerischen Pechkohle. (Taf. I Fig. 28.) Stücke derselben, sorgfältig in Asche verwandelt, liefern einen noch zusammenhängenden, weisslichen bis röthlichen Rückstand, welcher, wie die Untersuchung unter dem Mikroskop lehrt, so ausschliesslich aus Rinden- und Holzgewebe besteht, dass die Annahme einer nur nebensächlichen Betheiligung der mit Textur versehenen Pflanzentheile geradezu ausgeschlossen erscheint.

Ganz die gleichen Resultate lassen sich bei den meisten stark glänzenden Zwischenlagen der Pechkohle verschiedener Lokalitäten erzielen, so dass mit grosser Wahrscheinlichkeit das Vorkommen stark glänzender Pechkohlen an das Vorherrschen von Holzparenchym oder parenchymatischem Grundgewebe und von Holzsubstanz überhaupt gebunden ist. Dies wird auch durch die Beobachtung an einem der in tertiären

Schichten nur selten vorkommenden Holzstämmen bestätigt, welcher im Innern hohl und von Sandstein ausgefüllt, nach Aussen mit einer aus glänzender, würfelig brechender Kohle bestehenden Rinde umgeben ist und in der Grenzregion zwischen Rinde und Holzkörper stellenweise anthracitische Faserkohle enthält. Auch diese Rinde verkohlt zu vollständig zusammenhaltender Asche, welche vorherrschend aus Parenchym mit angrenzenden Bastzellen besteht, während man in der Faserkohle noch Spuren von Markstrahlen vorfindet. (Vergl. Taf. I Fig. 29.)

Aus der Untersuchung der Asche der matten Lagen der Pechkohlenflötze ergibt sich nach der relativ geringeren Beimengung von Holzparenchym und dem Hervortreten dünner, flacher Blättchen, an welchen jedoch nur höchst selten Spuren zelliger Textur wahrgenommen werden können, eine entschieden andere Zusammensetzung als jene der Glanzpechkohle. Es zeigt sich auch hier, dass in der Mattpechkohle Blätter in besonders grosser Menge angehäuft sind.

Es dürfte nicht ohne Interesse sein, die weiteren Resultate hier mitzutheilen, welche ich bei der Untersuchung der in den begleitenden Schichten vorkommenden Blattreste (*Laurus*, *Ficus*, *Quercus*, *Lastraea*) erzielte. Versucht man nämlich die verkohlten Blätter durch sehr verdünnte Säuren aus dem mergeligen Gestein zu isoliren, so erhält man höchst selten zusammenhängende Blatttheile, vielmehr nur ganz kleine spiessartige Trümmer, welche aus einer stark glänzenden Kohle bestehen, und in dieser Zerstückelung zu weiterer Behandlung sich nicht eignen.

Dagegen konnten diese verkohlten Blätter sehr gut zur Bestimmung der Dicke der Kohlensubstanz benützt werden. Die Dicke der Kohlenrinde der Wedel von *Lastraea styriaca* beträgt 0,025 mm; die des Blattes von *Ficus Martii* 0,056, von *Quercus furcinervis* 0,020, während die Dicke getrockneter *Pecopteris*-Wedel zu 0,070, Lorbeerblätter zu 0,15,

von Eichen zu 0,10 mm gemessen wurde. Daraus ergibt sich von selbst, dass von einer Verringerung der Dimensionen der Pflanzen bei Umbildung zu Kohle auf $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{30}$ der ursprünglichen Ausdehnung nicht entfernt die Rede sein kann. Wie wenig Druck und Deformationen überhaupt bei der Bildung der Kohle eine Rolle spielen, zeigen die zuweilen in verkohlten Holzstücken vorkommenden Höhlungen von Bohrwürmern, welche ohne irgend erkennbare Spur des Zusammengedrücktseins sich erhalten haben. Auch Gehäuse von Schnecken (*Helices*), welche häufig in der oberbayerischen Kohle wie in jener von Häring eingeschlossen gefunden werden, sind zwar meist zerbrochen und zusammengesunken, aber nicht in anderer Weise als diese Erscheinung in den nur 3 bis 5 m tiefen Torflagern sich zeigt.

IV. Mesolithische Mineralkohlen.

Die Sekundärzeit ist nicht besonders reich an kohligem Ablagerungen. Doch finden sich solche in den verschiedensten Schichtensystemen zahlreich genug vor, um durch eine Reihe von Uebergängen die weite Kluft zwischen Tertiär- und ächter Steinkohle zu überbrücken. Es sind besonders zwei Formen hervorzuheben, in welchen die mesolithischen Kohlen aufzutreten pflegen, nämlich in der sehr eigenthümlichen Ausbildungsweise der meist in einzelnen isolirten Stämmen vorkommenden Gagatite und ferner auf Flötzen von der gleichen Zusammensetzung und allgemeinen Beschaffenheit, welche die Flötze der tertiären Pechkohle oder der Carbonkohle besitzen. Die Flötze dieser sogenannten Stipite bestehen demnach gleichfalls aus unregelmässig wechselnden, bald dickeren, bald schwächeren Parallellagen von matter und von stärker glänzender Kohle, deren Strich durchweg noch einen bräunlichen Ton wahrnehmen lässt, wenn auch die Kohle selbst tiefschwarz

gefärbt erscheint. Durch diese Verhältnisse wird ein allmählicher Uebergang von Braunkohle zu Schwarzkohle vermittelt, auf den auch die übrigen physikalischen Eigenschaften und ihr chemisches Verhalten hinweisen. Es geht dies auch aus der Zusammenstellung Dr. Muck's (a. a. O. S. 126 u. flgd.) hervor.

Ich beschränke mich für jetzt darauf, aus dieser Zwischenperiode nur einige wenige Beispiele näher anzuführen, um zu zeigen, dass auch die mesolithische Kohle wesentlich denselben Charakter, wie wir denselben bei den jüngeren Mineralkohlen bereits nachgewiesen haben und bei den älteren später finden werden, an sich trägt.

Zunächst greife ich aus der Reihe der gagatartigen Kohle einzelne Vorkommnisse der obercretacischen Schichten, dann aus Lias, Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein (bzw. Grödener Sandstein) heraus.

Die Kohle der Gagatite zeichnet sich durchweg aus durch ihre gleichförmige Beschaffenheit, durch den flachmuscheligen Bruch statt des würfeligen der Glanzkohle, welcher nur zuweilen an der Aussenfläche der Gagatkohle auf geringe Tiefe in Verbindung mit augenartigen Absonderungen und Zeichnungen sich einstellt, und durch eine gewisse Zähigkeit der Kohlensubstanz, welche es in den meisten Fällen gestattet, aus dem Gagat verschiedene Gebrauchsgegenstände nach Art der Drechslerarbeiten herzustellen.

Eine Gagatkohle aus dem Quadersandstein von Raschwitz in Schlesien in dünnen Splintern von anscheinend ganz gleichmässiger texturloser Beschaffenheit erweist sich nach der Einwirkung der Bleichflüssigkeit aus sehr deutlich abgegrenzten Zellen von Holztheilen zusammengesetzt, bei welchen in einzelnen Partien die Querstreifen der Markstrahlen sich gleichfalls noch bemerkbar machen (Taf. I Fig. 30). Die gut zusammenhaltende Asche vervollständigt

diesen Nachweis, indem sie ein die ganze Kohlenmasse einnehmendes Haufwerk von Holzgewebe erkennen lässt.

Ein ganz vorzügliches Beobachtungsobjekt liefert die bekannte Gagatkohle aus dem Lias von Boll in Württemberg und jene aus der Gegend von Staffelstein in Franken. Bei diesen Kohlen geben schon die Dünnschliffe das vollständige Bild der durch die ganze Kohlensubstanz ununterbrochen herrschenden Holztextur (Taf. I Fig. 31). Es bedarf hier nicht erst einer Einwirkung der Bleichflüssigkeit oder der Einäscherung, um die gute Erhaltung des Holzgewebes wahrzunehmen, welche jener der verkieselten Stämme nahezu gleichkommt. Wendet man gleichsam zur Kontrolle die bezeichneten Hilfsmittel an, so kommt auch auf diesem Wege in gleich deutlicher Weise die der Kohle zu Grunde liegende Holztextur zum Vorschein (Taf. I Fig. 32). Bei der Asche kann man die Tüpfel und Querstreifung der Zellen in voller Klarheit erkennen. Eine Zusammendrückung der Gewebe lässt sich in keiner Weise konstatiren.

Die Keupergagatkohle aus den rhätischen Schichten von Taxöldern bei Schwandorf in der Oberpfalz ist von so dichter Beschaffenheit, dass selbst in sehr guten Dünnschliffen keine Spur innerer Textur zu sehen ist. Dagegen tritt nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit sehr deutlich die Parallelstreifung der Holztextur hervor. Ammoniak löst die entstandene tiefbraune Substanz vollständig auf. Verwandelt man die Kohle in Asche, so erhält man einen vollständig zusammenhängenden, weissen Rückstand, der mit voller Klarheit die Zusammensetzung der Kohle ausschliesslich aus mit Holztextur versehenem Gewebe uns vor Augen führt. (Taf. II Fig. 33.)

Etwas abweichend verhält sich eine Gagatkohle aus dem Muschelkalk von Sennefeld in Unterfranken, aus deren äusserem Umriss ihre Zugehörigkeit zu *Equisetum* bewiesen wird. Diese Kohle wird von Kalilauge kaum an-

gegriffen, während der Keupergagatit unter Bildung einer tiefbraunen Flüssigkeit stark zersetzt wird. Mit der Bleichflüssigkeit behandelt, zerfällt die Kohle in kleine Trümmer, in welchen sehr deutlich die Zusammensetzung aus parenchymatischem Gewebe und langgestreckten Faserzellen erkannt werden kann (Taf. I Fig. 34). Diese Texturverhältnisse bleiben auch in der Asche noch sehr deutlich sichtbar; die Zellenwände erscheinen jedoch wie zerfressen und zernagt.

Die Gagatkohlenrinde aus dem Grödener Sandstein von Neumarkt in Südtirol besteht, wie sich übereinstimmend aus der Behandlung mit Bleichflüssigkeit und aus der Asche zu erkennen gibt, aus vollständig zusammenhängendem Parenchymgewebe, welches nach Innen in ein System langgestreckter Faserzellen übergeht.

Die sämtlichen Proben von mesolithischen Gagatkohlen machen uns mithin übereinstimmend mit der Thatsache bekannt, dass ihre Kohlenmasse aus wohlerhaltenem Holzgewebe besteht, dessen Zwischen- und Hohlräume von einer oft die Textur verhüllenden, anscheinend texturlosen, durch Kalilauge bald zersetzbaren, bald wenig angreifbaren Substanz vollständig erfüllt sich darstellt. Ein gleiches Verhalten dürfte wohl für alle mesolithischen Gagatite anzunehmen sein.

Gehen wir zur Betrachtung der mesolithischen Flötzkohle (*Stipite*) über, so ist zunächst im Allgemeinen zu bemerken, dass eine Beständigkeit in ihrem Verhalten zur Kalilauge, in ihrem Strich und in ihrer Härte sich nicht constatiren lässt. Bald sind die älteren Arten derselben mehr pechkohlenartig, bald die jüngeren mehr der Schwarzkohle ähnlich. Ich habe Proben aus den Wälderthon-, Lias-, Lettenkohlen- und rhätischen Schichten näher untersucht.

Die Deisterkohle von Minden besteht, wie die Pechkohle und ächte Karbonkohle, aus miteinander in dünnen Lagen wechselnden Schichten von Matt- und Glanzkohle,

welche jedoch nicht scharf von einander geschieden sind. In dem nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit erhaltenen braunschwarzen Rückstande tritt die Zusammensetzung aus sehr dünnen Lagen besonders deutlich hervor. Darin lassen sich sehr zahlreiche Blattreste, seltener butzenweise aufgehäuftes Rindenparenchym und Faserzellen gut unterscheiden. Diese Zusammensetzung der Kohle wird auch durch die Beschaffenheit der Asche nachgewiesen, welche neben zahlreichen Thonschuppen viele häutig-körnige Membranen nach Art der Epidermalgebilde, ausserdem parenchymatische und langgestreckte Zellen in theilweise zusammenhängenden Trümmerchen enthält (Taf. II Fig. 35.)

Bei der Liasflötzkohle der Alpen aus dem Pechgraben bei Weyer in Oesterreich kommt nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit die Holztextur sehr deutlich zum Vorschein. Es ist sogar die feinere Textur des Holzgewebes noch zu erkennen. (Taf. II Fig. 37).

Die Lettenkohle von Gaildorf in Württemberg und aus der Umgebung von Schweinfurt in Franken liefert mit Kalilauge behandelt eine nur schwach bräunlich gefärbte Flüssigkeit. Sie wird von der Bleichflüssigkeit dagegen sehr energisch zersetzt. Der zuerst erhaltene Rückstand enthält in grosser Menge stark zertheiltes Parenchym- und Prosenchym-Gewebe, welches sich in Alkohol- und Ammoniak grossentheils löst, so dass nunmehr nur Epidermishäutchen und einzelne sehr deutliche Parenchymzellen erhalten bleiben. In der Lettenkohle von Masbach dagegen zeigt sich im Reste sehr deutlich langgestrecktes, fasriges Holzgewebe und Rindenparenchym in grösserer Menge.

Die rhätische Kohle von Theta bei Bayreuth verhält sich ganz ähnlich, wie die Lettenkohle von Masbach, jedoch gesellen sich zu dem fasrigen Gewebe Pollen und Pollenhäutchen in grosser Menge. Manche Streifen der Kohle scheinen fast ausschliesslich aus letzteren zu bestehen (Taf. II Fig. 37).

V. Mineralkohle der Carbonschichten.

Die kohligten Substanzen der jüngeren Reihe der paläolithischen Ablagerungen bilden den eigentlichen Mittelpunkt meiner Untersuchungen, zu welchen die im Vorausgehenden mitgetheilten Versuche mir nur zur Vorbereitung dienen sollten.

Bei diesen Untersuchungen wurden sehr zahlreiche Proben der verschiedensten Abänderungen aus dem pfälzisch-saarbrückischen Gebiete, namentlich aus den tiefsten Schichten desselben (in den Gruben von St. Ingbert in der Rheinpfalz), durch alle Zwischenstufen bis zu jenen der postcarbonischen Kuseler-Schichten, dann aus Westphalen, Sachsen, der Pilsener Mulde, aus Südrussland und von einzelnen Fundorten Grossbritanniens und Nordamerikas, endlich auch eine Probe der Gaskohle aus Tasmanien (Vandiemensland) verwendet.

Diese Proben vertheilen sich auf verschiedene Abänderungen, welche auf zweckmässige Weise in Schwarz- oder ächte Steinkohle (*Carbonit*) mit ihren Varietäten Glanz-, Matt-, (Streif-), Back-, Sinter-, Sand-, Grob- und Russkohle, dann in Cannelkohle (*Candelit*) und dieser angeschlossen in Bogheadkohle, in Brandschiefer (*Bituminit*), ferner in Faserkohle (*anthracitische Holzkohle*) und endlich in Anthracit unterschieden werden können.

Meine nachfolgenden Mittheilungen sollen sich der Hauptsache nach dieser Eintheilung anschliessen, wobei es sich jedoch zuweilen als zweckdienlich erwies, auch einige Proben ausser dieser Reihenfolge zu behandeln. Zur speziellen Vorbereitung für diese Untersuchung nahm ich zuerst einige Kohlenschiefer und einige in diesen vorkommende Pflanzenüberreste, sowie die Kohlenrinde verschiedener Stämme vor.

Die zarten, dunkel gefärbten Kohlenschiefer lassen sich nach einer längeren Behandlung mit verdünnter Fluss-

säure sehr leicht auflockern und es gelingt auf diese Weise die unerwartet zahlreichen und vortrefflich erhaltenen, allerdings sehr zerstückelten Pflanzentheile zu isoliren, welche dem Schiefer wahrscheinlich ausschliesslich (nicht eigentliches Bitumen) die dunkle Färbung ertheilen. Diese Fragmente sind theilweise in ihrer Textur so wohl erhalten, dass man ohne Weiteres unter dem Mikroskop in ihnen das Pflanzengewebe noch erkennen kann. Es liegt hier eine bis jetzt noch völlig unausgebeutete Fundgrube für phytopaläontologische Forschungen verborgen, auf die ich nachdrücklichst aufmerksam mache, da es ausserhalb der mir gestellten Aufgabe liegt, diese Verhältnisse weiter zu verfolgen. Nur das Eine sei hervorgehoben, dass diese Art der Vermengung von Thonflocken mit Sandkörnchen und zerfetzten Pflanzenresten unzweideutig auf die Entstehung der Kohlschiefer aus Anschwemmungsmaterial hinweist und dass, da alle denkbaren Uebergänge von Kohlschiefer zu Schieferkohle und aschenreicher Steinkohle vorkommen, die Möglichkeit einer Betheiligung von pflanzlichem Detritus an der Zusammensetzung mancher Kohlenflötze oder Flötzttheile nicht in Zweifel gezogen werden darf.

Bezüglich der Untersuchung von grösseren, im Kohlschiefer eingebetteten Pflanzen- hauptsächlich Blatttheilen ist anzuführen, dass es auch mit Beihilfe der Flusssäure selten gelingt, noch in grösseren Partien zusammenhängende Blattstücke zu isoliren, weil die Kohlenrinde, ähnlich wie bei den früher angeführten Tertiärpflanzen, in kleine rhomboëdrische Splitterchen auseinanderfällt, so bei *Farnen*, *Lepidophyllen*, *Sphenophyllen*, *Annularien*. Besser zum Ziele führt die direkte Behandlung der noch mit einer dünnen Schieferunterlage versehenen kohligen Pflanzentheile mit der Bleichflüssigkeit, wobei zuweilen einzelne Stückchen sich von der Schieferunterlage ablösen und zur Untersuchung geeignet sich erweisen. Indess gelingt es auch auf diesem Wege

selten, bei sehr zarten Pflanzenresten mehr als blosse Andeutungen der noch vorhandenen Gewebetextur zu erhalten; nur die langgestreckten Zellen der Blattnerven und die Epidermis entziehen sich fast in keinem Fall der Beobachtung. Es sei hier nur beispielsweise auf die Wahrnehmungen an *Lepidophyllum* und *Neuropteris* (Taf. II Fig. 38) hingewiesen, um die Art und Weise, in welcher derartige Erscheinungen zu Tage treten, kennen zu lernen.

Bei den nadelförmigen Blattorganen von *Lepidodendron*, welche eine derbere Consistenz haben, gibt sich die Pflanzentextur schon viel besser zu erkennen. Es sind sehr deutlich langgestreckte Zellen, nach der Behandlung der oxydirten Kohle mit Ammoniak auch parenchymatische Zellen und Epidermisblättchen mit Spaltöffnungen zu sehen. Nicht selten fand ich unter diesem Gewebe auch jene merkwürdigen, langgestreckten Zellen mit kreuzähnlichen Zeichnungen, genau so, wie solche Dawson (Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London 1859, Pl. VIII F. 13 d.) darstellt. (Vergl. II Fig. 39.)

So weit der Kreis meiner Untersuchung reicht, fand ich diese kohlige Rinde fast durchweg in Form von Glanzkohle ausgebildet. Daher erklärt sich auch die starke Zerklüftung derselben, welche eine Eigenthümlichkeit der Glanzkohle ist. Zugleich ist damit erwiesen, dass auch Blatttheile das Material geliefert haben können, aus welchem die aus Glanzkohle bestehenden einzelnen Lagen der Kohlenflötze hervorgegangen sind.

. Messungen der Dicke der Kohlenrinde, welche ich bei zahlreichen Farnfiederchen vornahm, führten zu demselben Resultate, wie bei den Tertiärblättern, dass nämlich die Dicke der Kohlenrinde nicht oder nur wenig, höchstens um die Hälfte geringer ist, als die der Blatttheile in grünem Zustande etwa gewesen sein mag.

Ein reiches Feld der Untersuchung bietet sich in den so häufig innerhalb der Kohlengebirgsschichten auftretenden Rinden hohler Stämme und Zweige. Ich habe mich auf einige wenige Versuche beschränkt und dabei hauptsächlich die Dimensionsverhältnisse und den Nachweis der noch erhaltenen Pflanzentextur ins Auge gefasst.

In Bezug auf die Frage, ob die Kohle in ihrem vorliegenden Zustande wesentlich andere Dimensionen einnähme, als die Pflanzensubstanz anfänglich besass, aus der sie hervorging, schien mir die Untersuchung und Vergleichung der Rindendicke an aufrechtstehenden, nicht deformirten und an liegenden, zusammengedrückten Exemplaren von ausschlaggebender Bedeutung. Bei einem aufrechtstehenden *Calamiten*-Stamm von 92 mm Durchmesser besitzt die Kohlenrinde eine Dicke von 1 mm; bei mehreren liegenden zusammengquetschten *Calamiten*-Stämmen, deren restaurirter Durchmesser sich auf 100—120 mm berechnet, beträgt die Dicke der Kohlenrinde 1—1,25 mm, also nicht weniger, eher mehr als bei dem aufrechtstehenden Stamme, von dem denn doch nicht wohl angenommen werden kann, dass seine Rinde unter der Wirkung grossen Drucks in Kohle verwandelt worden sei.

Bei *Sigillaria* beobachtete ich an aufrechtstehenden Stämmen von 80—100 mm Durchmesser eine Kohlenrinde von 1,25—1,50 mm Dicke, bei liegenden zusammengquetschten Stämmen von nahezu gleichem Durchmesser eine Kohlenrinde von 0,9—1,50 mm Dicke, endlich bei aufrechtstehenden *Lepidodendron*-Stämmen von 60 mm Durchmesser eine 1,25 mm dicke Kohlenrinde, wie bei liegenden Exemplaren von annähernd gleichen Dimensionen.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, einmal, dass ein hoher Druck nicht als ein wesentliches Moment der Umwandlung von Pflanzensubstanz in Kohle gelten kann, und dann, dass bei diesem Inkohlungsprocesse die Pflanzen-

substanz eine beträchtliche Raumreduktion, die von Vielen auf das 25—30fache angenommen wird, nicht erlitten hat.

Indem ich mich der Untersuchung der Texturverhältnisse zuwende, welche sich an der Kohlenrinde solcher Stämme nachweisen lassen, ist es wohl überflüssig vorauszuschicken, dass, da diese Textur an verkieselten Exemplaren in so vollständiger Weise bereits durch die ausgezeichnetsten Phytopaläontologen klar gelegt worden ist, meine Versuche nicht etwa auf eine Erweiterung dieser Feststellungen, sondern einfach darauf gerichtet waren, zu ermitteln, ob sich in diesen aus der ausgezeichnetsten Glanzkohle bestehenden Kohlenrinden das Pflanzengewebe überhaupt und in welcher Form erhalten habe. Um Wiederholungen zu vermeiden bemerke ich im Voraus, dass sich irgend ein erheblicher Unterschied auch in Bezug auf die feineren Texturverhältnisse der Kohlenrinde liegender zusammengequetschter und stehender nicht deformirter Stämme nicht wahrnehmen liess.

Die Kohlenrinde von *Calamiten* aus den Kohlenschichten von St. Ingbert schien selbst nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit texturlos als eine gleichförmig tiefbraune Masse. Erst nach einer sorgfältigen Erhitzung oder nach der Einwirkung von Alkohol tritt die Pflanzentextur sichtbar hervor und nach einer weiteren vorsichtigen Behandlung mit sehr verdünnter Ammoniakflüssigkeit kommt das vorwaltend aus parenchymatischen Zellen bestehende Gewebe deutlich zum Vorschein. Dabei zeigen sich mehr vereinzelt langgestreckte quergestreifte Zellen. Controlversuche an eingäscherter Kohlenrinde bestätigen, dass diese Textur auf die ganze Rinde gleichmässig sich erstreckt. (Vergl. Taf. II Fig. 40.) Fast die gleichen Resultate ergeben sich bei der Kohlenrinde von *Lepidodendron* und *Sigillaria*. Bei ersterer waren zahlreiche, langgestreckte mit Tüpfeln versehene Zellen sichtbar (Taf. II Fig. 41), in der *Sigillaria*-Rinde dagegen fanden sich neben verhältnissmässig spärlichen Parenchym-

zellen sehr zahlreich dünne bastartige Zellen vor (Taf. II Fig. 42). Lässt sich auch aus diesen Beobachtungen nicht mit voller Sicherheit der Schluss ziehen, dass, weil in der Glanzkohle der Rinde von isolirten Stämmen die Gewebetextur sich nachweisen lässt, in gleicher Weise die Glanzkohle der eigentlichen Kohlenflötze dieselben Texturverhältnisse besitzen müsse, so wird es wenigstens dadurch erklärlich, wenn wir bei der dichten Glanzkohle der Flötze ähnlichen Erscheinungen begegnen.

Bei der Flötzkohle der allgemein verbreiteten, gewöhnlichen Steinkohle beobachtet man durchweg, wie dies bereits von Grand'Eury und Muck mit allem Nachdruck hervorgehoben wurde, einen meist in dünnen Lagen wechselnden Aufbau aus Schichten von Glanz- und Mattkohle, denen sehr häufig theils in zerstreuten Trümmern theils in zusammenhängenden Streifen Faserkohle beigemischt ist. Nur wenige Kohlenflötze scheinen nahezu ausschliesslich aus Glanz-, andere vorherrschend aus Mattkohle zu bestehen, während in gewissen Russkohlenflötzen die Faserkohle den überwiegenden Bestandtheil ausmacht.

Wie schon bei den jüngeren Kohlenarten hervorgehoben wurde, zeichnet sich die Glanzkohle durch Risse oder Spältchen aus, die unter verschiedenen Winkeln die Schichtflächen schneiden, jedoch in der Regel durch die Zwischenlage der Mattkohle nicht durchsetzen. Auf solchen Rissen erscheinen häufig auch jene tellerartigen Zeichnungen, die man Augen nennt, bedeckt von dünnen Spathblättchen, einem Schwefelkiesanflug oder Pholerithhäutchen, welche auf ihren Flächen fischschuppenähnliche Zeichnungen wahrnehmen lassen. Sie sind der Abdruck der kreisförmigen Linien, welche auf den Augenflächen sichtbar sind und deuten, da sie ganz unabhängig von der mineralischen Natur der Ueberzugsrinden sind, an, dass letztere nicht die Ursache der Augenbildung sein können, sondern nur als Ausfüllungen und An-

siedelungen auf den bereits vorhandenen Klüftchen angesehen werden dürfen. Dass diese Augen nur als eine Absonderungserscheinung in Folge des Zerreißens der festwerdenden Kohlenmasse anzusehen seien, ist schon früher angeführt worden.

Es ist von Interesse, bei der Untersuchung der Flötzkohle die der Glanzkohle von jener der Mattkohle getrennt vorzunehmen, was in den meisten Fällen ausgeführt werden kann, wenn sie in einigermassen dicken Streifen geschieden vorkommen. Es macht sich bei der Behandlung beider Hauptabänderungen der Flötzkohle mit der Bleichflüssigkeit zwar nicht immer, aber doch in weitaus den meisten Fällen eine auffallende Verschiedenheit bemerkbar. Auf die Glanzkohle wirkt nämlich die Bleichflüssigkeit meist weit energischer ein, und erzeugt eine tiefbraun gefärbte, theilweise Lösung der Substanz, während bei der Mattkohle — unter sonst ganz gleichen Umständen — die Zersetzung viel weniger heftig ist und die Flüssigkeit weniger tief braun oft nur intensiver gelb sich färbt, wie dies auch bei den cannelkohleartigen Substanzen der Fall ist. Dieses Verhalten und die Untersuchung der sich hierbei bildenden kohligen Stoffe und Gase verdient noch eine eingehendere Untersuchung. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich dadurch auch für die Beurtheilung der technischen Brauchbarkeit der verschiedenen Kohlensorten nützliche Anhaltspunkte gewinnen lassen werden. So viel steht fest, dass die äusserliche Verschiedenheit auch in der Substanz der Kohle nach ihrem chemischen Verhalten tief begründet ist.

Die Glanzkohle im grossen Ganzen besteht aus einer intensiv braunen, in dünnen Splitterchen scheinbar völlig texturlosen Masse, welche auch nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit meist nur geringe Spuren pflanzlicher Textur wahrnehmen lässt, dagegen nach der weiteren Einwirkung von Alkohol und zum Theil von stark verdünnter Ammoniakflüssigkeit oder von mässigem Erhitzen vor der An-

wendung der Bleichflüssigkeit eine Zusammensetzung aus verschiedenartigem Pflanzengewebe zu erkennen gibt. Vorherrschend zeigen sich parenchymatische Zellen, wie sie in der Rinde vorzukommen pflegen, ferner Gewebe, ähnlich denen des Holzes, Blatttheile, welche durch das Vorkommen von Epidermisgebilden verrathen werden und endlich mehr vereinzelt, rundliche häutige Scheibchen und kugelige Körper, welche man für Sporen anzusprechen pflegt (Taf. II Fig. 43). Es ist mir in der ganzen grossen Reihe meiner Versuche ¹⁾ verhältnissmässig sehr selten vorgekommen, dass nicht reichliche Antheile von pflanzlicher Textur zu erkennen gewesen wären, dagegen gelingt es nicht immer, sich volle Ueberzeugung davon zu verschaffen, dass die ganze Kohlenmasse eine noch unterscheidbare Pflanzentextur in sich schliesse. Es ist mir sogar wahrscheinlich, dass ziemlich häufig die Substanz der ursprünglichen Pflanzen so gleichmässig in der Glanzkohle umgebildet ist, dass die Differenz zwischen Pflanzengewebe und Ausfüllungsmasse, auf welcher ja das Sichtbarwerden der pflanzlichen Textur mit Beihilfe von chemischen Mitteln beruht, nur bei sehr sorgfältiger Behandlung zur Erscheinung gebracht werden kann. Es ist aber auch nach den bei dem Dopplerit gemachten Wahrnehmungen nicht zweifelhaft, dass in analoger Weise wirklich texturlose Kohlensubstanz an der Zusammensetzung gewisser Kohlenflötze theilhaftig sei. Ich glaube dies namentlich bei jener nicht würfelig sondern muschelartig splitterig brechender Glanzkohle erkannt zu haben, welche zuweilen aderartig die Matt-

1) Das Gelingen dieser Untersuchungen hängt in hohem Grade von der richtigen Concentration der verwendeten Chemikalien und der Zeitdauer der Einwirkung ab, so dass es rathlich erscheint, bei negativen Resultaten die Versuche unter geänderten Verhältnissen öfters zu wiederholen. Auch ist hier ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass die Kohlen von verschiedenen, auseinanderliegenden Punkten desselben Flötzes sich wesentlich verschieden verhalten können.

kohle durchzieht oder in der Cannelkohle auftritt, oder aber deutlich gangförmig in das Nebengestein der Kohlenflötze vordringt. Besonderen Schwierigkeiten unterliegt nach der einfachen Untersuchungsmethode der Nachweis der pflanzlichen Textur bei der Glanzkohle mehrerer Flötze der Grube Centrum, z. B. der Flötze Kessel, Schlemmrich und Fornegel, bei welcher letzterer merkwürdiger Weise sehr zahlreiche Faserkohlentheilchen ganz unregelmässig in der braunen Kohlensubstanz eingebettet vorkommen, während in der Kohle der anderen Flötze solche Einlagerungen nicht beobachtet wurden. Erhitzt man jedoch diese Kohle, ohne dass sie sich bläht, vor der Anwendung der Bleichflüssigkeit und lässt alsdann erst die letztere einwirken, so kann man sich überzeugen, dass auch alle diese Kohlen in reichlicher Menge langgestreckte Zellen und Epidermisblättchen in sich schliessen. (Vergl. Taf. III Fig. 46.) Von der durch Schordorff und Muck¹⁾ besonders hervorgehobenen Kohle des Flötzes Gneisenau auf der Dechengrube bei Saarbrücken liegen mir durch die besondere Gefälligkeit des Hrn. Directors Täglichsbeck Originalproben vor, welche, wie die gewöhnlichen Saarkohlen aus wechselnd glänzenden und matten Kohlenschichten mit Streifen und Butzen von Faserkohlen zusammengesetzt sind. Die Glanzkohlen-Lagen dieser Varietät zeichnen sich durch den Reichthum an breiten fasrigen Zellen und Sporen aus, ausserdem machen sich Epidermisblättchen, schleuderähnliche Fäden, Räschen kleinster algenähnlicher Körper und weitmaschiges Parenchymgewebe bemerkbar. (Taf. III Fig. 47.) Die matten Parteen dieses Flötzes dagegen, um dies gleich hier anzuführen, scheinen nahezu ausschliesslich aus fasrigen Zellen, wie von Grasblättern abstammend, aus parenchymatischem Gewebe,

1) Preuss. Zeitschr. f. B. H. S. Wes. B. 23 S. 135 ff. und Muck, Steinkohlen-Chemie S. 39.



wenigen Sporen und nur selten beigemengten Treppengefässen mit zum Theil erkennbarer Streifung zusammengesetzt zu sein.

Sehr ähnlich verhält sich die vorzüglich backende Glanzkohle des Flötzes Nr. 30 der benachbarten Grube St. Ingbert, während bei der Glanzkohle von Flötze 19—20 (Blücher) wieder das parenchymatische Gewebe in den Vordergrund tritt.

In den prächtigen Augenkohlen des Flötzes 10 S. Abth. St. Ingbert, beobachtete ich Faserzellen mit jenen kreuzförmigen Zeichnungen, die schon bei *Lepidodendron* angeführt wurden. (Vergl. Taf. III Fig. 48.)

Die weniger stark glänzende sog. Pechkohle von Zwickau zeichnet sich aus durch den Reichthum an parallel gestreiftem und netzförmigem, seltener dünnfasrigem Gewebe sowie besonders an, wie es scheint, streifenweis vorkommenden sogenannten Sporen, die ein dicht gedrängtes Haufwerk ausmachen. (Taf. III Fig. 49.)

Den Gegensatz zu dieser Zwickauer Kohle bildet eine besonders prächtige Kohle aus Südrussland (ohne nähere Angabe des Fundpunktes). In derselben treten nebeneinander Parenchym- und Prosenchym-Gewebe in fast gleicher Menge und von vortrefflicher Erhaltung auf. Die Tüpfelung der Zellen ist deutlich zu sehen. Zahlreich sind auch Epidermis-häutchen. Sporen scheinen zu fehlen.

Eine Kohle aus Neuschottland enthält in den Glanzkohlenzwischenlagen viel fasriges Gewebe mit erhaltenen Tüpfeln und Epidermalgebilde, spärlich erscheinen sporenähnliche Schalen und Kügelchen. Jene Hauptmasse hält die Mitte zwischen Glanz- und Mattkohle. In letzterer treten Parenchymzellen neben sehr dünnen Faserzellen, Epidermis-häutchen, Sporen und den schon öfter erwähnten algenähnlichen Häufchen besonders hervor. Dünne, spiralig gedrehte Fasern erinnern an Schleuderzellen.

Die Glanzkohle des Hauptflötzes der Mathildenzeche aus

der Pilsener Mulde nähert sich in ihrer Beschaffenheit der erwähnten Kohle von Centrum besonders durch die sporadische Beimengung fein vertheilter Faserkohle. Doch sind auch Parenchymzellen reichlich vorhanden.

Die eigenartige, von Muck (a. a. O. S. 39) unter der Bezeichnung Pechsteinkohle hervorgehobene Varietät des Elisenflötzes der Zeche Dorstfeld, von welcher ich der Gefälligkeit des Hrn. Muck Proben verdanke, schliesst sich in den stärker glänzenden Lagen eng an die Glanzkohle an. In dieser Partie der Kohle lässt sich fast ausschliesslich nur parenchymatisches Gewebe erkennen. Bastähnliche dünne Fasern zeigen sich untergeordnet und Sporen vereinzelt.

Fast sämtliche Glanzkohlen hinterlassen, sehr langsam erhitzt und verbrannt, eine geringe Menge von zusammengefallener Asche, in der gleichwohl die Spuren pflanzlicher Textur nicht vermisst werden.

Die aus Mattkohle bestehenden Lagen der Kohlenflötze zeichnen sich in ihrem allgemeinen Charakter durch das Vorherrschen von Prosenchymgewebe aus, welches, wie mir scheint, hauptsächlich von blattähnlichen Pflanzentheilen abstammt. Epidermishäutchen sind ungemein häufig; auch sporenartige Gebilde kommen in grösserer Menge neben sporadisch eingestreuten Nadelchen von Faserkohle vor. Dünne Fasern von Schieferthon, welche leicht an ihrem körnigen Gefüge und der Beimengung von i. p. L. farbig glänzenden Quarzkörnchen zu erkennen sind, dürften einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung dieser Kohle nehmen. Darauf deutet auch der Umstand hin, dass die aus Mattkohle bestehenden Flötztheile meist aus sehr zahlreichen, dünnen Einzellagen zusammengesetzt sind, dass sie sich leichter in mit der Schichtung ungefähr parallelen Splitterchen zersprengen lassen, und dass die Asche in den oft noch zusammenhängenden Klümpchen blätteriges Gefüge besitzt. Im Allgemeinen beobachtet man an der Mattkohle eine

viel mehr wechselnde Beschaffenheit, als dies bei den Glanzkohlen der Fall ist. (Vergl. Taf. II Fig. 44.)

Vielfache Uebergänge verbinden die Mattkohle einerseits mit dem noch blättrigen Brandschiefer und andererseits mit der derben Cannelkohle und ähnlichen Abänderungen. Durch zunehmende Beimengungen von Schieferthontheilen geht sie nach und nach in den sogenannten bituminösen Schiefer und kohligen Schieferthon über.

Die nicht Cokes liefernden Kohlen der hangenden Carbonschichten und des Ueberkohlengebirgs der Rheinpfalz, nämlich die Hausbrandkohle des Flötzes von Breitenbach, Steinbach, Wolfstein und die Kalkkohle von Kusel und Odenbach bestehen überwiegend aus dünnen Lagen einer Art Glanzkohle mit hautartigen Zwischenstreifen von Mattkohle, die sich leicht in mit der Schichtung parallele Lagen theilen lässt (Schieferkohle). Sie geben kaum backende Cokes und geringe Mengen von Gas. Bei allen diesen Kohlen macht sich die Betheiligung von blattähnlichen Pflanzentheilen besonders bemerkbar. In der Kohle von Kusel (Ginsweiler) beobachtete ich eine geradezu erstaunliche Menge sehr vielgestaltiger Blattreste, welche einer eingehenden phytopaläontologischen Untersuchung ein reiches Material liefern würden.

Die Kohle von Odenbach, welche im Dach von einem sogenannten bituminösen Kalkstein bedeckt wird, enthält in den glanzkohleähnlichen Lagen eine grosse Menge von in sehr kleine Trümmerchen zerfallenem Pflanzengewebe, während die matten Zwischenlagen erfüllt sind von deutlich netzförmig geäderten Blattresten und faserigen Zellen. (Taf. II Fig. 45.) Sehr ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei der Kohle des an der Grenze zwischen Kohlen- und Ueberkohlen-schichten aufsetzenden Flötzes von Breitenbach-Steinbach. Auch hier herrscht in der stärker glänzenden Kohle sehr zerstückeltes Pflanzenmaterial untermengt mit parallelfaserigen

Zellen, Faserkohlenrümern und Thonfasern vor. Die matte Kohle enthält dagegen viel prosenchymatisches Gewebe, zahlreiche sogenannte Sporen und sehr reichlich Thonflocken.

Unter Brandschiefer, welchem auch die Boghead-Kohle angereiht wird, hat man sehr verschiedene schiefrige Kohlenabänderungen zu verstehen. Sie scheinen in zwei Gruppen sich zu theilen, nämlich in eine Gruppe, bei welcher die brennbaren Bestandtheile vorwaltend thierischen Ueberresten entstammen und in eine Gruppe mit Einschlüssen von überwiegend pflanzlicher Natur. Es dürfte nützlich sein die Bezeichnung Brandschiefer bloss auf die erste Art einzuschränken. Darüber später eine kurze Bemerkung. Was mir als Brandschiefer aus der Zwickauer Mulde vorliegt, gehört zu den pflanzenführenden Bildungen und enthält in den mattschimmernden, dünngeschichteten Streifchen stark zerfallenes Pflanzengewebe, körnige Flocken, parallelstreifige Blattreste, Epidermishäutchen, vereinzelt sogenannte Sporen und Faserzellen, mit vielen Schieferthontheilen vermengt. Obwohl der Querschnitt grosse Aehnlichkeit mit dem der Cannel- oder Bogheadkohle besitzt, fehlen dem Brandschiefer doch die charakteristischen Einlagerungen dieser Kohlenarten. Desshalb schliesst sie sich enger an die Mattkohle und den kohligen Schiefer an.

Man darf wohl annehmen, dass die anthracitische Faserkohle zu den wesentlichen Bestandtheilen der carbonischen Flötzkohle zu zählen sei. Denn abgesehen von den in die Augen fallenden Trümmern von Faserkohle, deren meist kurz abgebrochene Stückchen in den verschiedensten Richtungen ihrer Faserung zusammengehäuft ganze Zwischenlagen der Kohlenflötze ausmachen oder auch butzenweise zerstreut mitten in den anderen Kohlenschichten eingebettet sind, hat die Untersuchung der Glanz- und Mattkohlenstreifen ihre sehr häufige Anwesenheit in Form kleiner,

zertheilter Nadelchen und Klümpchen bei zahlreichen Proben beider Kohlenabänderungen ergeben.

Ihre holzähnliche Pflanzentextur ist so deutlich ausgesprochen und bereits so ausführlich von J. W. Dawson¹⁾ beschrieben worden, dass ich mich hier kurz fassen darf.

Die Faserkohle verhält sich nicht in allen Vorkommnissen und durch ihre ganze Masse hindurch gegen Oxydationsmittel und Einäscherung auf gleiche Weise. Zahlreiche Trümmer derselben widerstehen beharrlich selbst einer langandauernden Einwirkung von Kaliumchlorat in Substanz und concentrirter Salpetersäure, andere zertheilen sich bei diesen Versuchen in feinste Nadelchen und noch andere werden in einzelnen Theilen zersetzt, so dass dann unter dem Mikroskop helle, durchsichtige Zellen neben vollständig undurchsichtigen und zuweilen an der Stelle der Tüpfel durchbrochene Fasern nebeneinander sichtbar sind. Selbst in nicht sehr lang geglühter Asche erhalten sich häufig noch Theile der eingeschlossenen Faserkohle unverändert und unverkohlt. Bei langandauernder Erhitzung bleibt schliesslich ein dünnes, in Wasser und Salzsäure unlösliches Kieselskelett zurück.

Messungen einzelner zertheilter Nadelchen der Faserkohle haben ein Plattgedrücktsein derselben nicht erkennen lassen; die Zellen und Gefässe besitzen nach allen Richtungen hin gleichgrosse Oeffnungen und Dimensionen.

Es ist wohl allgemein anerkannt, dass die Faserkohle dem Holzkörper von baumartigen Pflanzen der verschiedensten Abtheilungen des Gewächsreiches entstammen kann, wie ihr Auftreten in allen Mineralkohlenbildungen beweisen dürfte. Bei der Carbonkohle mögen hauptsächlich *Lepidodendron*, *Sigillarien*, *Ulodendron* und *Calamiten* die

1) The Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London XV. 1859 p. 627—637; Taf. XVII—XIX.

reichlichsten Beiträge geliefert haben. Bei *Calamiten* konnte ich an einem deutlich erkennbaren Exemplare die Faserkohle in den mittleren Theilen des Stammes direkt constatiren.

Die Art ihres Vorkommens in den Kohlenflötzen, ihre Zerstückelung in meist kurze, spahnartige Fragmente und ihre lockere Beschaffenheit weisen übereinstimmend darauf hin, dass die Substanz der Faserkohle schon in so zu sagen fertigem, nicht weiter veränderbaren Zustande von den Kohlenflötzen aufgenommen wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass nicht selten Butzen von Faserkohle mitten in der derbsten Glanzkohle eingebettet liegen, ohne von der Masse der letzteren durchdrungen zu sein.

Es führt das zu der Annahme, dass die Faserkohle durch einen eigenthümlichen Vermoderungsprocess an der freien Luft unter Einwirkung von zeitweiser Durchfeuchtung und Wärme, welche eine Art Verkohlung zur Folge hatte, erzeugt worden sei. Dabei zerfiel der Holzkörper, wie heut zu Tage noch das vermoderte Holz ausgehöhlter Baumstämme, in kleine Trümmer, welche dem übrigen, die gewöhnliche Flötzkohle bildenden Pflanzenmaterial zugeführt wurden. Von Waldbränden, die etwa durch Blitze entzündet oder von Verkohlung durch unterirdische Hitze, durch welche die Faserkohle erzeugt worden wäre, kann keine Rede sein. Es sprechen alle Umstände, unter welchen die Faserkohle vorkommt, gegen eine solche Annahme.

Ausser der gewöhnlichen Flötzkohle, welche aus wechselnden Lagen von Glanz- und Mattkohle oder von einer dieser Abänderungen nahezu ausschliesslich für sich, aber mit deutlich unterscheidbaren einzelnen Schichten zusammengesetzt ist und in den meisten Fällen auch Faserkohle in einzelnen Butzen oder Streifchen in sich schliesst, werden noch als zahlreiche Abänderungen Schieferkohle, Grob- und Russkohle angeführt.

Die Schieferkohle, durch ihre deutliche, schiefrige Absonderung und leichte Spaltbarkeit ausgezeichnet, kann eine Selbstständigkeit nicht in Anspruch nehmen. Sie ist eine dünnstreifige Flötzkohle, deren schiefriges Gefüge auf einer mehr oder weniger scharfen Scheidung von Matt- und Glanzkohlenlagen beruht. Ihr schliesst sich auch die Blätterkohle, welche aus sehr dünnen Lagen besteht und in der Regel beträchtliche Mengen von Thon enthält, an.

Noch weniger bestimmt ist das, was man Grobkohle nennt. Diese soll dickschiefrig sein, uneben brechen und matten Schimmer besitzen. Eine dieser Bezeichnung sehr wohl entsprechende, auch als Grobkohle bezeichnete Probe aus Lancashire wird von der Bleichflüssigkeit wenig zersetzt, zerfällt jedoch in kleine Trümmer, welche aus verschiedenen Substanzen bestehen. Ein Theil durch bräunlich olivengrüne Färbung ausgezeichnet, lässt, wie die Hauptmasse der Glanzkohle, kurz gegliedertes Gewebe deutlich erkennen; der überwiegende Theil besitzt die Textur der Faserkohle, bleibt fast undurchsichtig, zeigt jedoch die charakteristischen Tüpfeln und Streifen (Taf. III Fig. 68). Dazu kommt eine grosse Menge von kleinen Schieferthonfasern und Quarzkörnchen, so dass an der vorliegenden Probe der bis zum Verbrennen auch der anthracitischen Faserkohle geglühte Aschenrückstand gegen 70 % des ursprünglichen Gewichts der Kohle beträgt. Das Ganze macht den Eindruck eines mit reichlichen Kohlentheilchen untermengten sandigen Sedimentes.

Von der lockeren, zerreiblichen, stark abfärbenden Russkohle habe ich Proben aus den sächsischen Kohlenablagerungen und aus dem Flötze von Stockheim in Oberfranken einer Untersuchung unterzogen. Die sächsische Russkohle ist eine lockere, zerreibliche, abfärbende kohlige Substanz von anthracitischer Beschaffenheit, unterscheidet sich aber wesentlich von der eigentlichen Faserkohle dadurch, dass sie nicht wie letztere aus Prosenchymgewebe, sondern

in überwiegender Menge aus kurzstabförmigen und zerfallenen Parenchymzellen, untermengt mit nur einzelnen, nadelförmigen Gewebezellen besteht. Die Bleichflüssigkeit übt nur eine geringe Wirkung auf diese Kohle aus, indem sich unter ihrem Einflusse nur einzelne Pflanzentheile bräunlich färben und durchscheinend werden. Aehnlich verhält sich die Russkohle von Stockheim.

Dass auch thierische Stoffe sich in eine förmliche Kohle umbilden können, beweist die Umwandlung von Fischresten in Glanzkohle, welche man in verschiedenen Bildungen der Carbon-, Postcarbon- (Lebacher- und Kupferschiefer), Lias- u. s. w. Schichten beobachtet. Dieser Zoocarbonit tritt dann auch zuweilen in zwar schmalen, aber regelmässigen Flötzen namentlich in der Lebacherstufe z. B. bei Münsterappel in der Rheinpfalz auf. Die glänzend schwarze, würfelig brechende Kohle umschliesst zahlreiche, an ihrer Form und am Schmelze kenntliche Fischschuppen und ganze Fischkörper, erscheint im Uebrigen dicht und scheinbar texturlos. Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit zeigt sich eine höchst charakteristische unregelmässig parallele Streifung mit eigenthümlichen narbenartigen Butzen und dazwischen durchziehenden dunklen Adern, wie von Gefässen herrührend. (Taf. III Fig. 50.)

Cannelkohle.

Ganz besonders eigenartig sowohl in Bezug auf ihre Structur, wie in ihrer Beschaffenheit, welche in der besondern technischen Verwendung Ausdruck findet, bildet die englische Cannelkohle den Ausgangspunkt für eine Reihe ähnlicher Kohlenabänderungen, welche sich auch als Einlagerungen auf Flötzen mit der gewöhnlichen Steinkohle an der Ruhr, in Böhmen, in Frankreich, Russland und Tasmanien finden.

Die typische Cannelkohle von Wigan in Lancashire und von Cleehill in Shropshire weisen eine so übereinstimmende Beschaffenheit auf, dass ich die Beschreibung beider zusammenfassen kann.

Diese Kohle besitzt einen matten, an das Feinerdige erinnernden Bruch, eine anscheinend völlig gleichartige Masse und enthält kaum Spuren mit unbewaffnetem Auge unterscheidbarer Pflanzenreste. In Dünnschliffen, parallel und quer zur Schichtung geschnitten, erweist sich jedoch diese Masse aus verschiedenen Theilchen zusammengesetzt, wie dies in ganz vorzüglicher Weise bereits J. Quekett in seiner Abhandlung über die Bogheadkohle auf Tafel V (*Journ. of Microsc. Science* II 1854) dargestellt hat. Es ist besonders hervorzuheben, dass, wie aus dem Querdünnschliff zu ersehen ist, die anscheinend ungeschichtete derbe Kohlenmasse aus höchst dünnen, innigst verbundenen Schichtenlagen mit ungemein zahlreichen, hellgelblichen, z. Th. rundlichen und braungelben, z. Th. länglichen, mit einem mittlern dunklen Kern versehenen Ausscheidungen besteht, welche sich z. Th. i. p. L. als schwach doppelt brechend verhalten. (Taf. III Fig. 53 b. c.) Dazwischen liegen fasrige dunkelbraune Streifen. Die weiteren Versuche unter Anwendung von Bleichflüssigkeit, von Alkohol und schliesslich von Ammoniak ergaben, wie dies bereits von Dawson bei zahlreichen Kohlen Nordamerikas nachgewiesen worden ist, eine erstaunlich reichliche Beimengung von rundlichen Scheibchen, halbkugeligen Häutchen und kugelförmigen Körperchen, welche vorläufig mit Dawson ¹⁾ als Sporen und Sporenkapseln bezeichnet werden sollen. (Vergl. Taf. III Fig. 51.) Dazu gesellt sich eine grosse Menge krümeliger, bröcklicher bis erdiger Körnchen und Flocken, die ich für völlig zerfallenes Pflanzengewebe halte, untermengt mit nicht häufigen, aber deutlich erkennbaren,

1) *Amer. Journ. of Science and Arts* 1874 I p. 256.

zum Theil sehr wohl erhaltenen Parenchym- und breiten, langgestreckten Prosenchymzellen. (Taf. III Fig. 52.) Auch Quarkörnchen und Thonflocken machen sich bemerkbar. Am auffallendsten jedoch sind kleine, rundliche Häufchen und Räschen, welche fast noch häufiger, als die sporennähnlichen Körperchen nach der Behandlung mit Ammoniak zum Vorschein kommen. Diese Räschen bestehen aus winzig kleinen, kolbenförmigen, zuweilen verzweigten Cylindern, welche sich um ein Centrum gruppieren. (Vergl. Taf. III Fig. 53.) Derartige Einschlüsse haben wir bereits vielfach im Vorausgehenden bei den verschiedensten Kohlenproben kennen gelernt und vorläufig als algenähnliche Gebilde bezeichnet, aber bis jetzt in keiner Probe so gehäuft gefunden, wie in der Cannelkohle. Ueber deren pflanzliche Natur scheint mir nicht der geringste Zweifel zu bestehen. Auch Prof. Dr. Harz, der gründliche Kenner solcher niederen Organismen, bestätigte meine Anschauung, die noch tiefer begründet wurde durch die Entdeckung grösserer Gebilde dieser Art in der devonischen Gaskohle. Ich möchte die Anwesenheit dieser merkwürdigen Reste bei der Cannelkohle für wesentlich und charakteristisch erklären, obgleich ich nicht in der Lage bin, vom botanischen Standpunkte aus den Gegenstand eingehender zu erörtern.

In der nur 1,25 % betragenden lockeren Asche sieht man viele kurze faserige Nadelchen, von zersetztem Spatheisenstein herrührende dünne Blättchen und vereinzelte Quarkörnchen, die auch schon im Dünnschliffe hervortreten.

Boghead-Kohle.

Diese kohlige Substanz, welche in England wegen ihres hohen Aschengehaltes — ich fand dieselbe schwankend von 20—30 % — nicht zu der eigentlichen Mineralkohle gerechnet wird, schliesst sich so eng und innig an die Cannelkohle an, dass man der Natur Zwang anthun

müsste, sie aus der Gruppe der eigentlichen Mineralkohlen auszuschliessen. Das Verhalten dieser Kohle ist in der schon erwähnten Abhandlung von J. Quekett so erschöpfend behandelt, dass hier darauf verwiesen werden darf. Es ist nur ergänzend hinzuzufügen, dass die im Horizontalschnitte ungefähr kreisrunden, im Querschnitte länglich runden hellgelben oder bräunlich gelben in der Mitte dunklen Ausscheidungen, wie bei der Cannelkohle angeführt wurde, i. p. L. bei gekreuzten Nicols etwas hell bleiben und eigenthümlich dunkel quergestreift erscheinen. (Taf. III Fig. 55 b. c.) In der dunkelbraunen, faserigen Zwischenmasse, in welcher die durchsichtigen Knöllchen und Kügelchen eingebettet sind, bemerkt man einzelne wasserhelle Quarzkörnchen und hier und da kleine Trümmer mit deutlicher Pflanzentextur. Die mikroskopisch wahrnehmbaren spärlichen Pflanzenreste, welche sich in dünnen bandartigen Streifen quer durch die Masse ziehen, erinnern an wurzelähnliche Gebilde.

Die sehr starken Beimengungen von Thon- und Quarzkörnchen erschweren die nähere mikroskopische Untersuchung der Bogheadkohle in hohem Grade. Man erhält nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit, welche eine nur schwache Einwirkung ausübt, eine dicht und innigst verfilzte, flockige Masse, in welcher die rundlichen Umriss-scheiben- und kugelförmiger Körperchen in grösster Menge sich bemerkbar machen. Nur selten gelingt es durch Druck und Hin- und Herschieben des Deckgläschens solche Körperchen frei zu machen, welche sich als vollständig übereinstimmend erweisen mit den unter der Bezeichnung „Sporen“ bei der Cannelkohle erwähnten Einschlüssen. (Taf. III Fig. 54.) Ausserdem sind die thonigen Flocken durchspickt von kurzen, bräunlichen Fäserchen und staubartigen Theilen, die augenscheinlich von zerfallenem Pflanzengewebe abstammen. Endlich machen auch algenartige Räschen, wie bei der Cannelkohle, einen sehr beträchtlichen Theil der Kohle aus. - Sie

scheinen den meisten hellfarbigen Ausscheidungen zur Grundlage zu dienen. (Taf. III Fig. 55.) Die weisse Asche bildet eine zusammenhängende, in dünnen Schichten geblätterte und spaltbare Masse von dem Umfange des eingäscherten Kohlenstückchens und besteht ausser ungefähr 16% Thonerde, Spuren von Kalkerde und Alkalien im Uebrigen aus Kieselsäure. Kurze, gestreifte Fäserchen lassen sich als Abkömmlinge von Pflanzentheilen deuten.

Nach dem allgemeinen Verhalten der Bogheadkohle ist es ausser Frage gestellt, dass sie als eine durch reichliche erdige Beimengungen stark verunreinigte Cannelkohle aufgefasst werden muss und eine Uebergangsform zu Brandschiefer darstellt. In dem sogenannten Lebertorf Ostpreussens haben wir eine mit der Bogheadkohle auffallend analoge Bildung vor uns.

Tasmanit.

Eine in neuerer Zeit zur Gasbereitung vielfach selbst nach Deutschland eingeführte sogenannte Gaskohle stammt aus Vandiemensland und dürfte dem entsprechen, was man Tasmanit genannt hat. Diese kohlige Substanz ist derb, spröde, tief braunschwarz, im Strich holzbraun, auf dem muscheligen Bruch mattschimmernd, wie unpolirtes Ebenholz und im Allgemeinen vom Aussehen der Cannelkohle. Sie enthält ziemlich häufig, oft quer ziehende dünne Streifchen und Butzen einer stark spiegelnden völlig texturlosen Glanzkohle. Im Aschengehalt, den ich zu 5,6% bestimmte, nähert sie sich der Bogheadkohle und kommt darin der böhmischen Plattelkohle ziemlich gleich. Die Dünnschliffe liefern ein Bild, welches mit dem der Bogheadkohle fast genau übereinstimmt. Im Querschnitte tritt der dünn-geschichtete Aufbau an der von Ansehen derben Kohle besonders deutlich hervor. Die hellgelben und röthlich braunen, durchsichtigen, kugeligen und länglich runden,

mit einem dunklen Kern versehenen Ausscheidungen liegen in einer als faserige Streifchen dazwischen ausgebreiteten dunklen, schwach durchscheinenden Masse, in der man hier und da Spuren von Pflanzentextur wahrnimmt. Die helleren Partien verhalten sich i. p. L. wie jene der Bagheadkohle.

Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit erhält man einen Rückstand, ähnlich wie bei der Cannelkohle, aber ganz besonders reich an den Sporen-ähnlichen, kugeligen, halbkugeligen und scheibenförmigen Körperchen. Dazu gesellen sich spirallig gewundene Fäserchen, wie Schleuderzellen, derbere, längsgestreifte, gewundene cylindrische Gebilde (Taf. III Fig. 56) (ähnlich denen in der Cosinakohle beobachteten), vereinzelte Faserzellen und Trümmer von Faserkohle. Die algenähnlichen Räschen und Klümpchen sind gleichfalls in höchst beträchtlicher Menge vorhanden (Taf. III Fig. 57.) Die einzelnen kolbenförmigen Zweige derselben sind etwas grösser, als bei der Cannel- und Bogheadkohle und besitzen eine Art Quergliederung.

In der Asche haben sich einzelne Nadeln der anthracitischen Faserkohle erhalten; sie zeigen getüpfelte Zellen. Nebenbei sind Quarzkörnchen und spärlich verkieselte langgestreckte Zellen zu sehen.

Böhmische Plattelkohle.

Die vielfach zur Gasbereitung verwendete Plattel- oder Brettelkohle aus dem Humboldtschachte von Nürschau, durch den Reichthum an thierischen Einschlüssen¹⁾ in der geologischen Welt rühmlichst bekannt, bildet stellenweise eine oder mehrere Bänke in dem Hauptflötze der Pilsener Mulde. Im Allgemeinen gleicht diese Kohle der Bogheadkohle, nur besitzt sie meist eine deut-

1) Vergl. A. Fritsch, Fauna der Gaskohle und Kalksteine der Permformation Böhmens I. 1879.

lichere schichtenmässige Absonderung, und ist zuweilen sogar in dünnen Lagen geschichtet. Auch in Dünnschliffen kommt die Eigenthümlichkeit der Zusammensetzung aus sehr dünnen, faserig welligen dunklen Streifchen mit dazwischen eingelagerten, gelblich und röthlichbraunen kugeligen oder länglich runden Ausscheidungen, welche einen dunklen Kern oder Fleck in ihrer Mitte besitzen, fast genau in derselben Weise, wie bei der Cannelkohle, zum Vorschein. (Taf. III Fig. 59 d.)

Die Substanz wird von der Bleichflüssigkeit langsam angegriffen und aufgelockert. Die Flocken, in welche die Masse sich zertheilen lässt, bestehen aus einem zähen Filz, aus körnig-fasrigen und häutigen Theilchen mit reichlich dazwischen eingeschlossenen rundlichen Scheibchen, zerstreut eingebetteten Faserzellen, blattähnlichen Fetzen und ziemlich zahlreichen Nadeln von anthracitischer Faserkohle. (Taf. III Fig. 58.)

Nach der weiteren Behandlung mit Alkohol und Ammoniak zertheilen sich die Flocken leichter und es kommen nun in grosser Menge die sporenähnlichen Einschlüsse und in geradezu erstaunlicher Häufigkeit zu rundlichen Klümpchen verwachsen die algenartigen Körperchen zum Vorschein. (Taf. III Fig. 59.) Sie dürften in grösserer Menge an der Zusammensetzung der Kohlenmasse betheiligt sein als der Thon, der in kleinen Schülferchen gleichfalls sichtbar wird und Quarkörnchen einschliesst. Die röthlich weisse, schlackig poröse Asche dieser Kohle, welche nach meiner Bestimmung 6,67 % beträgt, blättert sich sehr deutlich in dünne Schichten auf und enthält neben den erdig thonigen Bestandtheilen in grosser Menge unverbrannte Faserkohlenreste und kurzgliedrige kieselige Nadelchen.

Eine äusserlich ähnliche Zwischenlage in dem Hauptflötze der Mathildenzeche bei Littitz verhält sich trotz dieser Aehnlichkeit sehr abweichend. Diese Kohle wird ziemlich leicht von der Bleichflüssigkeit zersetzt und zerfällt in kleine

Flocken, welche zahlreiche Fetzen mit maschenähnlichem Blattnetz und Stengeltheile mit langgestreckten, parallel laufenden Zellen und mehr vereinzelte sporenhähnliche Körperchen in sich schliesst. Sie unterscheidet sich dadurch wesentlich von der Plattelkohle und liefert ein sehr bezeichnendes Beispiel dafür, dass nicht immer einer Uebereinstimmung im äusseren Ansehen eine gleiche innere Struktur und Beschaffenheit entspricht. (Taf. III Fig. 60.)

Die an Gas ausserordentlich ausgiebige Plattelkohle aus den Gruben bei Tremosna bei Pilsen schliesst sich dagegen wieder eng an jene des Humboldtschachtes bei Nürschau an. Sie enthält nach meiner Bestimmung nur 3,5 % Asche von röthlich weisser Farbe.

Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit ergibt die weitere Untersuchung fast genau die gleichen Resultate wie bei der Nürschauer Plattelkohle, nur bemerkt man in weit überwiegender Menge jene sporenhähnliche Einschlüsse in höchst mannichfaltigen Formen und Grössen. (Taf. III Fig. 61 u. 62.)

Ich schliesse gleich hier die Beschreibung der Murajewna genannten Gaskohle im Kohlenfelde von Tula (Grossrussland) ¹⁾ wegen ihrer Verwandtschaft mit den eben beschriebenen kohligen Mineralien an, obwohl sie der devonischen Schichtenreihe zugezählt wird.

Die im Aeusserlichen der Bogheadkohle etwas ähnliche Gaskohle der Zeche Tschulkowa im Gouvernement Tula zeichnet sich dadurch aus, dass sie ziemlich zahlreiche, sehr gut erhaltene, zum Theil in Glanzkohle verwandelte, zum Theil mit einem weisslichen Staub überzogene Pflanzenreste umschliesst, welche meist der Schichtung parallel liegend eine schichtenähnliche Absonderung der Kohle hervorrufen. Zuweilen nehmen diese Pflanzeneinschlüsse auch eine quer

1) Leo, Steinkohlen Centralrusslands. Petersburg 1870. S. 101.

durch die Kohle gerichtete Lage an. Die Verhältnisse, unter welchen diese Pflanzentheile sich hier in der Kohle finden, sind genau dieselben, wie wenn solche Reste in dem gewöhnlichen Kohlenschiefer eingebettet liegen. Das ist in Bezug auf die Bildungsweise dieser Kohle von Wichtigkeit, weil es beweist, dass das Bildungsmaterial auch der Kohlenmasse angeschwemmt und sedimentirt wurde. Unter diesen mit deutlich sichtbarer Pflanzentextur versehenen Einschlüssen kommen ziemlich häufig solche vor, welche sich förmlich von der Kohlensubstanz abheben und weiter untersuchen lassen. Namentlich gilt dies von den äusserst zarten rindeartigen Blättchen mit narbenartigen Löchern, welche als *Lepidodendron tenerrimum* Traus. bezeichnet werden.

Von dieser schwärzlich braunen, oft sogar röthlich braunen, der Braunkohle in Farbe mehr als der Steinkohle ähnlichen, unregelmässig schiefrigen, sehr gasreichen Substanz, welche in Splitterchen angebrannt unter russender Flamme mit einer Art Funkensprühen fortbrennt, zeigen die Dünnschliffe im Horizontal- und Vertikalschnitt ganz die zum Verwechseln gleiche Struktur wie bei der Bogheadkohle. (Taf. III Fig. 646.)

Auch die Hauptmasse hat eine ähnliche aus feinen, faserigen Körnchen und Häutchen in filzähnlicher Anhäufung bestehende Zusammensetzung, wie die Bogheadkohle (Taf. III Fig. 63). Sie enthält ähnliche Sporenkörperchen, zahlreiche Faserkohle und breit parallelstreifige Blattfragmente, dazu aber in enormer Masse rundliche Klümpchen von zweierlei Algen, eine kleinere Form, wie wir sie bisher bei der Cannel- und Bogheadkohle gefunden haben und eine verhältnissmässig sehr grosse Art mit verzweigten Aesten, welche wie aus übereinanderliegenden Uhrgläsern zusammengesetzt sich darstellen. (Taf. III Fig. 64.) Die Kohle gehört durch diese Art ihrer Zusammensetzung zu den merk-

würdigsten und interessantesten bisher bekannt gewordenen Abänderungen.

Ich erwähne hier noch die sogenannte Pseudocannelkohle Muck's (Steinkohlen-Chemie S. 39), welche eigentlich zwischen Flötz- und Cannelkohle gestellt zu werden verdient, aber erst hier angeführt wird, um einen eingehenderen Vergleich mit der letzteren Kohlenart anstellen zu können: Originalproben aus der Esskohlenflötzgruppe der Zeche: Johannes, Erbstollen Westphalen.

Die äusserlich durch den matten Schimmer, muscheligen Bruch und tiefschwarze Farbe der Cannelkohle sehr ähnliche, undeutlich streifige Substanz wird durch die Bleichflüssigkeit schwierig zersetzt, leichter nachdem sie anhaltend erhitzt worden war. Die zersetzte Masse besteht der Hauptsache nach aus sehr zerstückeltem und zerfallenem Pflanzengewebe von zum Theil anthracitischer Beschaffenheit, untermengt mit einzelnen Nadeln von Faserkohle, zusammenhängenden Stückchen langgestreckter Zellen und von ziemlich zahlreichen sogenannten Sporen. (Taf. III Fig. 65). Auch Thonflocken fehlen nicht. Ich halte diese Kohle für einen durch Sedimentirung kohligter Substanzen erzeugten Absatz.

Anthracit.

Nachdem wir bereits den fasrigen Anthracit in Form der Faserkohle, ferner den erdig staubigen Anthracit als Hauptbestandtheil der sogenannten Russkohle kennen gelernt haben, erübrigt uns noch die nähere Betrachtung des eigentlichen derben, compacten Anthracites, wie er namentlich in Pennsylvanien, Rhode Island, bei Mons, in der Tarentaise, bei Gera, am Harze, bei Landshut in Schlesien und an zahlreichen anderen Orten vorkommt, wobei jedoch die anthracitische Stangenkohle als natürlich verkockte Kohle verschiedener Art hier unberücksichtigt bleiben soll.

Der derbe Anthracit zeichnet sich, abgesehen von seinen sehr charakteristischen physikalischen und chemischen Eigenschaften, von den übrigen Mineralkohlen dadurch aus, dass er meist in geschlossenen compacten Massen in den Flötzen auftritt, weder die Zerklüftung der Glanzkohle wahrnehmen lässt, noch auch einen so deutlich schichtenmässigen Aufbau zeigt, wie er bei der Mattkohle in der Regel vorkommt. Andeutungen einer gleichsam versteckten Zerklüftung fehlen ihm jedoch nicht ganz. Zuweilen tritt die Erscheinung der sogenannten Augenkohle auch bei dem Anthracit in bezeichnender Weise auf, auch finden sich, wie bei der Einäscherung und Behandlung mit Chemikalien sich ergibt, häufiger, als man vermuthen sollte, im Anthracit jene dünnen Blättchen auf den feinsten Klüftchen angesiedelter Mineralien, denen wir bei der ächten Steinkohle so häufig begegnen. Ebenso stellen sich ziemlich häufig im compacten Anthracite Lagen von anthracitischer Faserkohle theils in zerstreuten Butzen, theils in mit der versteckten Schichtung parallelen Streifchen ein, wodurch die Zusammensetzung der Anthracitflötze aus schichtenmässigen Einzellagen sich zu erkennen gibt. Auch im Aschenrückstande finden sich Spuren einer schichtenartigen Struktur der Kohle angedeutet.

Die nähere Untersuchung der Masse des compacten Anthracits unterliegt grossen Schwierigkeiten, wie sich bereits schon aus dem Verhalten der Faserkohle voraussehen lässt. Er widersteht der Einwirkung selbst der stärksten Chemikalien im hohen Grade. Durch kochende concentrirte Schwefelsäure wird er zwar nach und nach unter Bildung einer röthlichbraun gefärbten Flüssigkeit zersetzt, aber selbst in dünnsten Splitterchen nur am Rande allmählig gleichsam abgeschmolzen, ohne dass die Säure in die Masse selbst einzudringen vermag. Man erhält auf diesem Wege nur hier und da an dünnen Rändern bräunlich durchschim-

mernde Splitterchen, in denen sich eine pflanzliche Textur nicht bemerkbar macht. Bei der Behandlung des Anthracites aus Pennsylvanien mit Kaliumchlorat in Substanz und concentrirter Salpetersäure unter Anwendung von Wärme erzielt man ebenso nur eine theilweise Zersetzung, indem zwischen der weit vorwaltend unangegriffenen Masse hie und da braune durchscheinende Parteen zum Vorschein kommen, die durch weitere Behandlung mit Alkohol etwas lichter werden und in Ammoniak sich lösen. In diesen Parteen lassen sich unzweideutiges Pflanzengewebe, Pros- und Parenchymzellen, sogar sporenähnliche Körperchen (Vergl. Taf. III Fig. 66) erkennen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass es nur Einschlüsse von Faserkohle in derbem Anthracit sind, welche auf diese Weise zersetzt wurden, weil bei der Untersuchung der mit unbewaffnetem Auge leicht unterscheidbaren Faserkohlenparteen des Anthracites eine von der eben beschriebenen ganz abweichende Textur, nämlich eine ausschliesslich aus Prosenchym bestehende Zusammensetzung genau wie bei der Faserkohle der ächten Steinkohle, beobachtet wurde.

Ganz ähnliche Resultate ergaben sich bei der Untersuchung des Anthracits zahlreicher anderer Fundorte, nur mit dem Unterschiede, dass zuweilen neben den braunen Parteen auch völlig wasserhelle mit deutlicher Faserzellentextur zum Vorschein kamen.

Bei dem Anthracit ist weitaus die beste Methode der Untersuchung die der Einäscherung, welche bereits mit so glänzendem Erfolge von Bailey und Teschemacher¹⁾ in Anwendung gebracht worden ist. Ich kann diese Resultate nur bestätigen, jedoch noch hinzufügen, dass die in der Asche oft sehr wohlerhaltenen Zellen und Ge-

1) Amer. Journ. of Science and Arts, 2. Ser. I. 1846 p. 407 und II p. 420.

fässe auch hier keine Spur erlittener Zusammendrückung an sich tragen, vielmehr die cylindrischen Formen, wie sie sich bei dem Holzgewebe finden, unverändert besitzen. Daraus ist auch zu ersehen, dass die vielfach ausgesprochene Annahme, der Anthracit sei nur durch stärkeren Gebirgsdruck oder innerhalb stark verwerfener Gesteinsschichten zusammengepresste, verdichtete Kohle, thatsächlich nicht begründet ist.

Da in den eingescherten Stückchen des Anthracits, man mag sie aus demselben herausnehmen, wo es sich gerade ergibt, immer dieselben pflanzlichen Gewebe zum Vorschein kommen, ist man wohl zur Annahme berechtigt, dass der Anthracit¹⁾ in gleicher Weise, wie die Flötzsteinkohle der Hauptsache nach aus Kohlensubstanz mit erhaltenem Pflanzengewebe besteht. Die Aschenrückstände sind in Salzsäure unlöslich, dagegen in Flusssäure zersetzbar und geben die Reaktion auf Kieselsäure. Kleine kolbenförmige Körperchen und dünne Blätter verhalten sich ebenso und erscheinen i. p. L. in bunten Farben.

Es sei hier eine kurze Bemerkung über den Graphit angefügt, welcher sich der Reihe der Mineralkohlen enge anschliesst. Behandelt man denselben nach den bei der Mineralkohle in Anwendung gebrachten Methoden, — diese Versuche wurden mit Graphit aus dem körnigen Kalke des Phyllits von Wunsiedel und aus dem körnigen Kalke der Gneisschichten der Umgegend von Passau vorgenommen — so treten an den zuerst durch Salzsäure aus dem körnigen Kalke gewonnenen Schuppen sehr eigenthümliche lichtere,

1) Von dem angeblich silurischen Anthracit aus Vallongo bei Oporto und aus Südschottland standen mir keine Proben zur Verfügung, ich kann über deren Natur daher auch nicht urtheilen. Ich bemerke nur, dass die Rinde eines angeblich aus silurischen Wenlockschichten von Dudley stammenden *Calamiten* durch die Bleichflüssigkeit stark angegriffen wurde. In dem Rest fand ich deutlich quergestreiftes Prosenchym (Taf. III Fig. 69).

oft sogar fast wasserhelle Streifchen hervor, durch welche die Fläche der Graphitblättchen in zahlreiche kleine Felder getheilt wird. Sie scheinen von einer Verwachsung verschieden orientirter Graphitheile zu einem Krystallaggregate herzuführen und den sogenannten Aetzfiguren zu entsprechen. Bemerkenswerth sind Formen, wie sie auf T. III Fig. 70 aus dem Graphit von Wunsiedel dargestellt sind. Sie erinnern auf das lebhafteste an die faserige Zertheilung, welche bei den Anthraciten häufig zum Vorschein kommt.

Allgemeine Resultate.

Fasst man die Ergebnisse dieser im Vergleiche zu dem grossartigen Umfange des untersuchungsbedürftigen Materials immerhin höchst bescheidenen Versuchsreihe zusammen, so schimmert doch trotz der namhaften Lücken durch das Ganze der leuchtende Faden hindurch, welcher die sämtlichen Mineralkohlen vom Torfe an bis zum Anthracit als eine ununterbrochen fortlaufende, ursächlich in hohem Grade verwandte und substantiell sehr ähnliche Bildung aufs engste mit einander verknüpft. Geht man von der ächten Flözsteinkohle als der Hauptmasse und dem Mittelpunkte der gesammten Kohlenbildung aus, so ergibt sich, dass dieselbe der Hauptsache nach aus brennbaren Substanzen zusammengesetzt ist, in welcher die organische Textur der ihr zu Grunde liegenden Pflanzen durch und durch in erkennbaren Formen erhalten ist. Die Steinkohle besteht, abgesehen von den erdigen Beimengungen, aus Pflanzentheilen, welche, selbst in eine kohlige Substanz verändert, zugleich in ihren Hohlräumen und in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Pflanzentrümmern eine anfänglich in Lösung befindliche endlich in unlöslichem Zustande übergegangene humin- oder ulminartige Masse (Carbohumin) aufgenommen hat, so dass das Ganze als amorph und

scheinbar texturlos erscheint. Dieser Prozess der Aufnahme ursprünglich löslicher kohligter Materie und der Ablagerung derselben in fester, nach und nach erhärtender Masse, den ich als Inkohlungsprozess bezeichne, vollzog sich in ganz analoger Weise, wie der Verkieselungsprozess (oder Versteinerungsprozess überhaupt) nur mit dem Unterschiede, dass nicht wie bei dem Verkieselungsprozess anfänglich gelöste und nach und nach in fester Form abgelagerte Kieselsäure, sondern die in den zusammengelagerten Pflanzenmassen reichlich vorhandene und aus einzelnen Theilen derselben in grosser Menge sich bildende huminartige Substanz abgesetzt wurde. Man muss annehmen, dass gewisse, leichter in huminartige Stoffe umwandelbare Antheile der angehäuften Pflanzen in ihrer Form und in ihrem Bestande vollständig ungeändert, von den übrig bleibenden, wahrscheinlich durch ihre mineralischen Aschentheile, besonders Kieselsäure, vor der völligen Umbildung geschützten Skelette gleichsam aufgesaugt und in Hohlräumen schliesslich durch weitere chemische Vorgänge, die noch nicht klar gestellt sind, vielleicht durch fortschreitende Oxydation wieder in fester Form abgelagert worden sind. Es besteht demnach die Steinkohle aus verschiedenen, wenn auch äusserlich sehr ähnlichen Substanzen, von welchen ein Theil dem Rest des Pflanzengewebes, der andere Theil den aufgenommenen und als Verdickungs- und Ausfüllungsmaterial verwendeten huminähnlichen, wahrscheinlich an sich selbst verschiedenen Zersetzungsmassen entspricht. Der grössere oder geringere Widerstand, welche diese in der Kohle vereinigten Substanzen der Einwirkung verschiedener Chemikalien leisten, setzt das Vorhandensein solcher verschiedenartiger kohligter Stoffe in der Steinkohle ausser allen Zweifel.

Zu diesen Inkohlungsstoffen kann auch das benachbarte, Pflanzentheile enthaltende Nebengestein unter Vermittlung circulirenden Wassers Beiträge geliefert haben,

wie es bei dem nach Art des Treibholzes in isolirten Stammtheilen vorkommenden Gagat der Fall gewesen zu sein scheint.

Es ist an sich selbstverständlich, dass unter gewissen Umständen auch eine Ausscheidung der löslichen huminartigen Substanz selbstständig, d. h. ohne Betheiligung von Pflanzenresten und an Stellen, an welchen letztere gar nicht vorhanden sind, nicht bloss in gewissen Lagen der Kohlenflötze selbst sondern sogar auch auf Spalten und Klüften erfolgen konnte. Derartige, wirklich texturlose Kohlenmasse in selbstständigen, ausschliesslich daraus bestehenden Lagen und Streifen dürfte aber in verhältnissmässig nur untergeordneter Weise an dem Aufbau der Kohlenflötze betheiligt sein.

Die Ausbildung und Umänderung von angehäuften Pflanzen durch diesen Akt der Inkohlung ging ohne wesentlichen Einfluss von grossem Druck und hohem Wärmegrade vor sich. Die Pflanzensubstanz erlitt keine beträchtlich höhere Pressung, als etwa die sein mag, welche auf tiefere Lagen in Torfmooren durch die auflastenden Massen ausgeübt wird. Daraus erklärt sich auch der geringe Grad von Zusammengedrücktsein und von Deformationen überhaupt, welche in den Geweben der Pflanzen aller Kohlenflötze nur in sehr untergeordneter Weise wahrzunehmen sind. Ebenso wenig können erhöhter Druck und grossartige Comprimirungen als Ursachen der Entstehung verschiedener dem Anscheine nach mehr oder weniger dichter Kohlenvarietäten, wie es die Glanz- und Mattkohlen sind, gelten. Das ergibt sich einfach schon aus dem Umstande, dass diese verschiedenen Abänderungen auf demselben Flötze in vielfachen Lagen mit einander wechseln und dass die dichteste Glanzkohle selbst in der Rinde aufrechtstehender Stämme vorkommt, wo der Einfluss hohen Druckes als erzeugende Kraft geradezu ausgeschlossen ist. Selbst bei der dichtesten Kohlenart, dem

Anthracite, vermessen wir jeden Anhaltspunkt, welcher die Annahme rechtfertigen könnte, dass diejenigen Kohlenflötze oder Flötztheile, welche besonders starkem Druck ausgesetzt gewesen wären, in Anthracit verwandelt erscheinen. Denn man findet Anthracitflötze nicht bloss in den tieferen oder älteren Schichtenreihen, wie es allerdings die Regel zu sein scheint, sondern auch mitten zwischen gewöhnlichen Kohlenflötzen und sogar auch in den obersten Schichtenlagen. Ebenso wenig bewirkten grossartige Verwerfungen und Zertrümmerungen als solche die Ueberführung von gewöhnlicher Kohle in Anthracit, wie man von mancher Seite anzunehmen geneigt ist, weil selbst in den zerrissensten und am stärksten verworfenen Theilen mancher Kohlenmulden anthracitische Abänderungen in ganzen Flötzen nicht zum Vorschein kommen und in stark durch Verwerfungen gestörten Flötztheilen es nicht die dabei wirksamen Druckkräfte sind, welche die Bildung von Anthracit hätten veranlassen können, sondern vielmehr die durch die Zerreibungen entstandene Zugänglichkeit der Gesteinsmassen für Luft und Wasser, welche die Fortsetzung des Verkohlungsprocesses begünstigten. Man darf dabei nicht ausser Acht lassen, dass sehr häufig magere, schwer entzündliche Mattkohle mit Anthracit verwechselt wird. Die wahre Anthracitbildung ist nur eine fortgeschrittenere Umänderung der Pflanzenstoffe zu einer an Kohlenstoff reicheren Mineralkohle, wobei die Länge der Zeit und zeitweilig einwirkende, die Oxydation des Wasserstoffs begünstigende Verhältnisse den Haupteinfluss auf eine Kohlenablagerung im Ganzen ausgeübt zu haben scheinen.

Wenn wir im Grossen und Ganzen anzunehmen uns für berechtigt erachten, dass die Bildung der Steinkohlenmassen in der soeben angedeuteten Weise durch den Inkohlungsprocess erfolgt sei, so müssen wir doch auch noch etwas weiter auf die Einzelheiten eingehen, welche uns in den verschiedenen Abänderungen der Kohlen entgegneten. Es ist

nicht denkbar, dass die Glanz-, Matt-, Faser-, Cannelkohle u. s. w. unter vollständig gleichen Verhältnissen entstanden sind. Wir gehen hierbei von dem complicirtesten Falle aus, nämlich dem, dass, wie es ja zuweilen thatsächlich vorkommt, diese verschiedenen Abänderungen der Kohlensubstanz auf einem gemeinschaftlichen Flötze in relativ dünnen Schichtenlagen über einander sogar wechsellagernd sich an der Zusammensetzung beteiligen.

In dieser Beziehung weisen die Resultate unserer Untersuchungen auf drei Verhältnisse hin, welche für sich und mit einander gemeinschaftlich zur Ausbildung der einen oder anderen Kohlenvarietät hauptsächlich beigetragen haben. Es sind dies:

1) Die ursprüngliche Verschiedenheit der Pflanzenarten und -Theile, aus deren Anhäufung die Kohle hervorgegangen ist,

2) der in chemischer und mechanischer Beziehung verschiedene Zustand, in welchem die Pflanzensubstanzen zur Beteiligung an der Zusammensetzung der Steinkohle gelangten, und

3) die Verschiedenartigkeit der äusseren Verhältnisse, unter welchen sich die Umbildung der Pflanzensubstanz in Mineralkohle vollzog, wobei die Einmischung mineralischer Bestandtheile sei es in Folge von Einschwemmungen, sei es in Folge von Ausscheidungen z. B. von Kieselsäure, Kalkerde u. s. w., die mehr oder weniger beschränkte Einwirkung der Luft, das Entziehen von Wasser, das Austrocknen, der Einfluss der Oberflächenwärme, die Dauer der die Umbildung befördernden Umstände, die Mächtigkeit der angehäuften Pflanzenstoffe unter Anderem besonders in Betracht zu ziehen sein möchten.

Bezüglich des Einflusses der verschiedenen Pflanzenarten und Pflanzentheile, aus deren Anhäufung die Steinkohle hervorging, ist auf die constante Verschieden-

heit, welche bei der näheren Untersuchung der verschiedenen Kohlenänderungen, wie jener der Glanz-, Matt-, und Cannelkohle nach dem Vorausgehenden sich ergeben hat, hinzuweisen. Das Vorherrschende von Rinden und Holztheilen neben den Blättern in der Glanzkohle, die Häufigkeit von Blattorganen, besonders von Epidermalgebilden, und weniger derben Pflanzentheilen in der Mattkohle, das constante Auftreten von Kügelchen und Häutchen, welche man gewöhnlich als Sporen zu bezeichnen pflegt, in geradezu erstaunlicher Häufigkeit und von algenartigen Klümpchen in den cannelkohleartigen Lagen sind unzweideutige Beweise für eine gewisse Abhängigkeit der Kohlenbeschaffenheit von der Natur der Pflanzen, aus welchen die verschiedenen Varietäten der Kohle entstanden sind. Es muss zugegeben werden, dass wir in dieser Richtung erst am Anfange einer noch weiter durchzuführenden Untersuchungsweise stehen, und dass noch vielfache Versuche zur vollständigen Lösung der Frage über das Abhängigkeitsverhältniss der Kohlensubstanz von den verschiedenen beteiligten Pflanzenarten und -Theilen ausstehen. Immerhin aber glaube ich diesen Einfluss bestimmt erkannt und nachgewiesen zu haben.

Von nicht geringem Einflusse ist weiter der Zustand, in welchem die Pflanzensubstanz vor dem eigentlichen Kohlenbildungsprocesse in den Lagen angehäuft wurde, aus welchen die Kohlenflötze zusammengesetzt sind. Am deutlichsten geht dies aus der grossartigen Betheiligung anthracitischer Faserkohle nicht bloss in Form vereinzelter Butzen und Streifen, sondern auch in zertheilten Trümmerchen und Nadelfragmenten inmitten der verschiedenen Kohlenlagen, auf deren Häufigkeit ich wiederholt aufmerksam gemacht habe, hervor. Ist es wahrscheinlich, dass die Faserkohle das eigenthümliche Produkt einer Art Vermoderung von holzartigen Pflanzentheilen an freier Luft unter dem Einflusse der Sonnenwärme und zeitweiser Austrocknung auf

der Oberfläche sei, wie sie auch jetzt noch in den Torfmooren entsteht, so muss man annehmen, dass dieser Process in grossartigstem Maassstabe zur Bildungszeit der Steinkohlen stattgefunden hat. Es ist nicht nothwendig aus ihrem Vorkommen den Schluss zu ziehen, dass sie in grosser Menge durch Beischwemmung zugeführt wurde, sie kann auch beispielsweise auf der Oberfläche torfmoorähnlicher Versumpfungen erzeugt worden sein.

Was in Betreff der Faserkohle, die wegen ihrer grossen Beständigkeit und Unveränderlichkeit so leicht und so bestimmt der direkten Beobachtung sich bemerklich macht, gilt, dürfte wohl auch von einer Reihe ähnlicher Umwandlungsprodukte von Pflanzentheilen anzunehmen sein, für deren Vorhandensein vor dem eigentlichen Inkohlungsprocess augenscheinliche Beweise schwer beigebracht werden können. Es sind nur Wahrscheinlichkeitsgründe, welche die Annahme unterstützen, dass zahlreiche zerstückelte und auseinandergefallene Gewebetheile von Pflanzen in Form kurzer, an den Enden unregelmässig stumpf abgebrochener Stäbchen und Fäserchen, sowie die fast staubartig kleinen Körnchen und zu Klümpchen oder Flocken zusammengehäuften, krümeligen Bestandtheile der Steinkohle, wie solche häufig in den cannelkohleartigen Varietäten und in der Mattkohle zu sehen sind, einem Stadium des Zerfalles vor der eigentlichen Kohlenbildung angehören. Das Vorkommen ähnlicher, offenbar aus zerfallenen Pflanzenstoffen abstammender Theilchen in der Ackererde und in jener Region der Torfmoore, in welcher die bereits abgestorbenen Pflanzentheile dem weiteren Zerfall anheimgegeben sind, berechtigt uns bis zu einem gewissen Grade, auch gewisse Verhältnisse der Kohlenbildung von einem analogen Vorgange abzuleiten. Die Zusammensetzung der cannelkohleähnlichen kohligten Substanzen ist ohne diese Voraussetzung kaum verständlich. Wir erinnern hier an die Beschaffenheit des Pyropissits, der tertiären Gas-

kohle (Falkenau) und der als Lebertorf bezeichneten, der Gaskohle vollständig ähnlichen Torfbildung, die aus einem ähnlichen, völlig zerfallenen Haufwerk von Pflanzentheilen bestehen. Ueber die Art des Zerfalls der verschiedenen Pflanzengewebe in staubähnliche Körperchen und in kleinste, pulverähnliche Körnchen lassen sich leicht unter dem Mikroskop direkte Beobachtungen anstellen und klare Einblicke augenscheinlich gewinnen, wenn man zersetzte, aber noch mit ganz deutlich erhaltener Pflanzentextur versehene, mit der Bleichflüssigkeit kurze Zeit behandelte Theile mit einem nicht fest aufliegenden Deckgläschen versehen unter das Mikroskop bringt und nun von der klaffenden Seite des Deckgläschens her einen Tropfen Ammoniak langsam vordringen lässt. Sobald die ammoniakalische Flüssigkeit die Pflanzentheile erreicht hat, beginnt die Zertheilung, indem sich unter Bildung einer bräunlichen Flüssigkeit zahlreiche kleine Körperchen, Körnchen, Fäserchen und Häutchen ablösen und nach und nach wegschwimmen, ganz ähnlich jenen, welche wir massenhaft in der Mineralkohle aufgehäuft finden.

Aber auch das gleiche Pflanzenmaterial selbst in gleichem Zustande als Substrat der Flötzbildung aufgehäuft, war in der Art seiner weiteren Umbildung und Veränderung von äusseren Verhältnissen beeinflusst, die sogar zur Entstehung verschiedenartiger Kohlenabänderungen führen konnten.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, um zu zeigen, welch' grossen Einfluss die mehr oder weniger reichliche Beimengung mineralischer Theile auf die Beschaffenheit der Kohle auszuüben vermag. Man kennt fast in allen Kohlenrevieren Beispiele eines Schritt für Schritt zu verfolgenden Uebergangs von reinster Kohle durch Aufnahme von den Bestandtheilen des begleitenden Schieferthons erst in aschenreiche Kohle, dann in schiefrige Kohle und endlich in bituminösen Schieferthon. Wir beobachten analoge Ver-

hältnisse zuweilen an den Rändern unserer Torfmoore, wo durch eingeschwemmte sandige und thonige Theile der Torf zu unbrauchbarem Material verunreinigt wird. Dahin gehört auch die Thatsache, dass in manchen Kohlenmulden aus dem unreinen, thonigen Ausgehenden eines Kohlenflötzes nach und nach in der Tiefe eine ganz gute Kohle sich entwickeln kann. Derartige thonige Gemengtheile müssen grossen Theils als Folgen von Einschwemmungen oder Ueberschwemmungen angesehen werden.

Oft sind es solche thonigkohlige Zwischenlagen, welche die Flötze in verschiedene Bänke theilen und als Schrammittel bei der Gewinnung der Kohlen benützt werden. Verstärkt sich das Zwischenmittel im Flötz nach einer Richtung hin beträchtlich, so kann der Fall eintreten, dass sich ein Flötz in zwei, im Abbau getrennt zu haltende Flötze gabelt. Seltener kommen die Kohlenmasse durchdringende Beimengungen von Kalk, Spatheisenstein und Schwefelkies vor — abgesehen von den sekundären Ausscheidungen dieser Mineralien in dünnen Blättchen auf den feinen Klüften der Kohle —, welche als an Ort und Stelle entstandene, infiltrirte Substanzen die Kohle verunreinigen, ähnlich wie z. B. der kalkige Alm den Torf. Hierher gehört ein Theil der sogenannten versteinerten Kohlen und angebrannten Flötze, sowie die Einlagerungen von Kohleneisenstein, deren Vorkommen durch unverkennbare Rückwirkungen auf die benachbarte Kohle sich bemerkbar macht. Dies ist auch der Fall bei den mit Schwefelkies durchwachsenen Kohlen, bei welchen eine Neigung zur fasrig anthracitischen Ausbildung in den meisten Fällen zu beobachten ist.

Auch ein gewisser Einfluss der auf einer angehäuften Pflanzenmasse mehr oder weniger hoch aufgelagerten und sie belastenden Ueberdeckung kann nicht in Frage gestellt werden. Diese einfachen Pressungen und Druckkräfte dürfen aber nicht zusammengeworfen werden mit jenem unbemes-

seneu sogenannten Gebirgsdruck, den man bei der Bildung der Steinkohle vielfach eine so bedeutende Rolle spielen lässt.

Wir können auch in dieser Richtung wieder auf die analogen Erscheinungen bei unseren Torfmooren verweisen, bei welchen in den tieferen Lagen eine zur gleichmässigen Beschaffenheit fortschreitende, mehr und mehr dem sogenannten Specktorf entsprechende Ausbildung der Torfmasse eintritt. Dass hierbei ausser den chemischen Momenten der längeren Durchfeuchtung und des behinderten Luftzutritts, ein gewisser Druck der höheren Lagen zum Zusammenpressen des Torfmaterials beiträgt, ist unverkennbar. Doch ist dieser Druck, wie die zum Theil hohlen, auch im Specktorf oft noch unzerdrückt erhaltenen Pflanzentheile verrathen, nicht für beträchtlich zu erachten. Aehnliche Verhältnisse des Drucks und des Einflusses auflastender Massen haben sicher auch bei der Steinkohlenbildung geherrscht und gewirkt. Es ist leicht verständlich, dass, wenn eine Anhäufung von Pflanzensubstanzen, die das Material zu einem Kohlenflötz lieferten, von einer sehr mächtigen und nur im geringen Grade von Luft und Wasser durchdringbaren thonigen Ueberdeckung überschüttet wurde, eine andere Art der Umbildung der aufgehäuften Masse stattgefunden haben wird, als in Fällen, in welchen eine nur seichte Ueberdeckung etwa mit lockerem Sand stattfand. Solche Rückwirkungen werden sich aber auf Flötze im Ganzen und auf grössere Flötzcomplexe, nicht auf einzelne Lagen oder Streifen der Flötze, wie sie im Wechsel von Glanz- und Mattkohle sich zeigen, erstreckt haben. Vielleicht erklärt sich auf diese Weise die gruppenweise Vertheilung ganzer Flötzreihen magerer oder fetter Kohle innerhalb desselben Beckens oder in verschiedenen Becken und die eigenthümliche Erscheinung, dass ein und dasselbe Flötz unter sonst gleichen Umständen streckenweise fette, streckenweise magere Kohle führt. Es lässt sich ver-

muthen, dass auch das Vorkommen von Grubengas in seiner sehr ungleichen Vertheilung auf ähnliche Ursachen einer Ueberdeckung mit von Gasen undurchdringlichem oder mit porösem Material zurückzuführen sei. Nimmt man hinzu, dass gewisse Flötze vielleicht längere Zeit nur schwach überdeckt waren, während andere in rascher Folge von mächtigen Ablagerungen überschüttet wurden, so lässt sich leicht ermessen, in wie weit auch das zeitliche Moment als mitbestimmend bei der Kohlenbildung in Betracht gezogen werden muss. Es sind dies nur einige wenige äussere Verhältnisse, welchen neben anderen Einflüssen von mehr örtlicher Bedeutung eine Rolle bei dem Kohlenbildungsprocess zugetheilt werden darf.

Durch diese Betrachtungen erscheint die grosse Mannichfaltigkeit in der Beschaffenheit und dem Verhalten der Steinkohle leichter erklärlich, wenn es auch noch weit aussteht, für jeden einzelnen Fall diese wechselnden Verhältnisse auf ganz bestimmte Ursachen zurückzuführen.

Von der Betrachtung der Beschaffenheit der Steinkohle an sich wende ich mich nun zu einer kurzen, vorläufigen ¹⁾ Darlegung ihrer Bildung im Ganzen auf Flötzen und schichtenartigen Lagerstätten, soweit sich hierüber Anhaltspunkte aus den im Vorausgehenden mitgetheilten Untersuchungen gewinnen lassen.

Die verschiedenen Ansichten über die Entstehungsweise der Steinkohlenflötze, welche gegenwärtig mit einer gewissen Berechtigung neben einander wissenschaftliche Vertretung finden, sind zu bekannt, als dass es an dieser Stelle nöthig wäre, dieselben im Einzelnen anzuführen. Es sei nur vorausgeschickt, dass für die Annahme einer Entstehung im offenen Meere und aus Meeresalgen bei

1) Ausführlichere Mittheilungen hoffe ich in einer weiteren Abtheilung später machen zu können.

meinen Untersuchungen auch nicht der geringste Anhaltspunkt gewonnen wurde, indem alle Andeutungen von Meerespflanzen und jener kleinsten Meeresbewohner ¹⁾, wie *Coccolithen*, *Foraminiferen*, *Radiolarien* und *Spongiennadeln*, welche in keiner analogen Meeresablagerung gänzlich fehlen, in den Steinkohlenflötzen selbst, wie in den kalkigen Zwischenlagen und zunächst sich anschliessenden Schieferschichten vermisst werden. Ich habe desshalb keine Veranlassung, auf diese Theorie, die ich als völlig haltlos erachte, weiter zurückzukommen.

Die klar vorliegende Thatsache, dass die Kohlenflötze aus wechselnden, meist sehr dünnen Lagen verschiedener Kohlenabänderungen und zum Theil selbst von kohligem Schieferthon bestehen, welche den Schichten sedimentärer Ablagerungen ausserordentlich ähnlich sind, und dass die Kohlenflötze vielfach mit unzweideutigen Sedimenten in Wechsellagerung verbunden sind, scheint beweiskräftig genug, um der Annahme, welche in neuester Zeit durch Grand' Eury die wärmste Vertretung gefunden hat, dass nämlich die Kohlenflötze als reine Anschwemmungsbildungen von ganz gleicher Entstehungsweise wie die jeder anderen sedimentären Ablagerung, anzusehen seien, gegenüber der sogenannten Torftheorie ²⁾ d. h. der Annahme einer Entstehung

1) Reste grösserer Thiere, welche unbestritten Meeresbewohner sind, fehlen gleichfalls, wenn man von den *Unio*-ähnlichen *Anthracosien* absieht, über deren Zugehör zu den Meeresthieren die Ansichten sehr getheilt sind. Einige wenige wirkliche Meeresmuscheln, wie *Aviculopecten* u. A. kommen höchst sporadisch vor, während ächte Landthiere in ziemlicher Menge in der Kohle sich finden.

2) Da indess auch nicht alle Torfbildung auf den gleichen Ursprung der örtlichen Aufhäufung absterbender und fortdauernder Vegetation zurückzuführen ist, ziehe ich vor, mich auf diese Theorien unter der Bezeichnung der „autochthonen“ (Entstehung an Ort und Stelle) und „allochthonen“ (Entstehung durch hergeführtes Niederschlagsmaterial) zu beziehen.

an Ort und Stelle nach Art der Torfmoore den Vorrang zu verschaffen.

In der That, wenn man diesen schichtenartigen Aufbau der Kohlenflöze nicht weiter mit anderen Erscheinungen in Vergleich stellt und die Frage nicht näher prüft, ob eine solche lagenweise Zusammensetzung der Kohlenflöze einzig und allein von einem sedimentären Niederschlag oder Absatz beigeschwemmten Materials herrühren könne, scheint die Gleichstellung einzelner Kohlenflözbänke mit sedimentären Schichtenlagen vollständig berechtigt. Der Wichtigkeit und Bedeutung dieses stratigraphischen Momentes gegenüber erkennen die Vertreter dieser Ansicht den Gegenbeweisen für den autochthonen Ursprung der Kohle einen nur ganz geringen Werth zu. Viele der aufrechtstehenden Stämme und unzweifelhaft eingewurzelten Pflanzenstengel finden sich zwar in solchen Stellungen und oft so gehäuft bei einander, wie z. B. in den Eisenbahneinschnitten bei Neunkirchen-Saarbrücken, und in so ungestörter Verbindung mit dem Boden, auf dem sie gewachsen sind, dass — wenn auch das Vorkommen einzelner aufrechtstehender Strüncke durch die Annahme einer Verschwemmung in stehender Stellung sich erklären lässt, doch diese Erscheinung im Allgemeinen nicht anders, als eine Folge der Vegetation an Ort und Stelle gedeutet werden kann. Man muss zugeben, dass dieses Vorkommen immerhin im Vergleiche zu der grossartigen Ausdehnung der Kohlenflöze ein ausnahmsweises und örtlich beschränktes ist und dass es sich durch ein zeitweises Vordringen des seeartig angestauten Wassers in die angrenzenden Sumpfwälder der Steinkohlenzeit, zum Theil auch durch einen auf dem Wasser schwimmend vegetirenden Pflanzenwuchs erklären lasse; also im Ganzen eine beschränkte Beweiskraft besitzt.

Prüfen wir aber die Frage, ob der Schichtung der Steinkohlenflöze keine andere Auslegung gegeben werden könne,

als die eines Absatzes aus im Wasser beigeschwemmten Materials, so führt uns die Analogie mit jüngeren Kohlenbildungen zu überraschenden Resultaten, auch wenn wir nur ihre stratigraphischen Verhältnisse ins Auge fassen.

Ueberspringen wir die Kohlenablagerungen der mesolithischen und eines Theils der tertiären Zeit, deren Bildung ja mit demselben Dunkel verhüllt ist, wie die der Steinkohlenflötze selbst, so gewinnen wir zunächst in den Ablagerungen der quartären Braunkohle ein ausserordentlich lehrreiches Bild der Entstehungsweise kohligter Lagerstätten. Diese Braunkohlenflötze sind sehr wohlgeschichtet, in dünnen, deutlich unterscheidbar schichtenartigen Lagen wechselnd, aus verschiedenartigen Kohlenstreifen zusammengesetzt und in sehr vielen Fällen durch zahlreiche Zwischenmittel von thoniger und sandiger Beschaffenheit in einzelne Bänke abgetheilt. Wer je derartige Kohlenflötze in dieser Beziehung einer näheren Prüfung unterzogen hat, wird darüber keinen Zweifel hegen, dass sie ebenso gut geschichtet und in Einzelbänke getheilt sich erweisen, wie die Steinkohlenflötze. Nun ist durch die Beschaffenheit der Vegetation, welche in diesen quartären Braunkohlenflötzen vertreten ist, wie durch die Art ihres Vorkommens, ihrer Lagerung und Stellung zu der benachbarten Gesteinsbildung sicher festgestellt, dass sie torfartigen Versumpfungen ihren Ursprung verdanken und dass die thonig sandigen Zwischenlagen, die sie begleiten, von zeitweiligen Ueberschwemmungen herrühren, welche sich über die Torfmoore als über die tieferen Einbuchtungen der Oberfläche am ehesten und häufigsten verbreiteten.

Gehen wir noch einen Schritt weiter zu der Kohlenbildung der Gegenwart, dem Torf über, so scheint allerdings die oberste lockere Masse des Rasentorfs nur ein wirres, ungeordnetes Gemenge vegetabilischer Abfallstoffe darzustellen. Aber nicht aller Torf bietet uns dieses Bild eines verworrenen Produktes, wie es uns scheinbar in dem Rasen- oder Moos-

torf entgegentritt. Wir müssen hier etwas näher auf die Strukturverhältnisse der Torfbildungen eingehen.

Wenn wir zu vorliegendem Zwecke zunächst absehen von den verschiedenen Modifikationen, in welche man den Torf, sei es nach seiner materiellen Beschaffenheit, sei es nach seinem Vorkommen oder der Art seiner technischen Gewinnung zu unterscheiden pflegt z. B. als Rasen-, Moos-, Gras-, Grünlands- oder Wiesen- (Darg), Haide-, Hage- oder Hochmoor-, Blätter-, Speck-, Pech-, Leber-, Stich-, Streich-, Bagger-, Schlanm-, Staub- und Seetorf u. s. w., so können wir in Bezug auf die Art seiner Entstehung zwei wesentlich verschiedene Torfmodifikationen auseinanderhalten, nämlich den an Ort und Stelle sich bildenden oder entstandenen autochthonen Moortorf und den durch Ablagerung von abgeschwemmtem pflanzlichen Detritus in Wasseranstauungen — Sümpfe, Teiche, Seen, Meeresbuchten — sedimentirten allochthonen Seetorf. Dass der letztere die Zeichen einer Sedimentbildung an sich trage, muss von vornherein vorausgesetzt werden, auch wenn er eine deutliche Schichtung nicht erkennen lässt. Er zeichnet sich überdies neben einer mehr oder weniger gleichartigen, oft scheinbar dichten Beschaffenheit meist durch die reichliche Beimengungen erdiger Theile aus und ist durch den starken Zerfall und die fortgeschrittene Umbildung der pflanzlichen Gewebetheile, die seine Masse bilden, charakterisirt. Es ist sehr beachtenswerth, dass gerade bei diesem Seetorf, wenn nicht thonige oder sandige Lagen zwischen seiner Masse abgesetzt sind, sehr häufig eine Schichtung oder lagenweise Absonderung weniger deutlich ins Auge fällt und bei manchen Sorten sogar erst mit dem Austrocknen zum Vorschein kommt. In allen Fällen zeigt sich die schichtenartige Anordnung des Materials selbst in den anscheinend dichtesten Varietäten, sobald man dünne Splitterchen im Querschnitte näher untersucht, Bei dem Moortorf bemerkt man in

sehr vielen Fällen einen deutlich lagenweisen Wechsel verschiedener Torfmassen übereinander, welche sich durch Farbe, Dichte, Zusammensetzung, verschiedene Beimengung, Einlagerungen u. s. w. bemerkbar machen. Oft sind es auch Streifen von erdigen, thonig sandigen oder kalkigen Zwischenlagen, durch welche die Anzeichen einer schichtenartigen, vertikalen Gliederung des Torfs verstärkt werden. Bei dem Specktorf begegnet man zuweilen einer bei dem Trockenwerden besonders kenntlichen Zusammensetzung aus zahlreichen dünnen Lagen und Blättern. Aber auch selbst in solchen Abänderungen, bei welchen wie im Moos- und Rasentorf Andeutungen der aus abgestorbenen Vegetationstheilen successiv übereinander gebildeten Lagen zu fehlen scheinen, kann man durch Zusammenpressen der Masse den schichtenartigen Wechsel der verschiedenen Torfgenerationen deutlich sichtbar machen. Ich verweise auf die früher angeführten (S. 127) Versuche, welche ich bei einem der anscheinend am meisten strukturlosen Moostorfe angestellt habe und durch welche selbst in diesem ungünstigsten Falle eine unzweideutige Schichtung der Torfsubstanz sichtbar gemacht wurde. Bei dem gewöhnlichen Stichtorf gelingt dies schon bei ganz geringer Comprimirung.

Man kann daher nicht annehmen, der Torf sei eine völlig ungeschichtete Masse und es könnten deshalb die aus deutlich geschichteten Einzellagen bestehenden Kohlenflötze ihrer Entstehung nach nicht mit Torflagern in Parallele gestellt werden. Es ergeben sich vielmehr bei näherer Untersuchung zwischen gewissen, bis ins Kleinste feingeschichteten und gestreiften Torfvarietäten und manchen Steinkohlenbänken so grosse Analogien, dass die Art des Gefüges der Torfmassen im Allgemeinen mehr zu Gunsten als gegen die Vergleichung der Kohlenbildung mit jener des Torfs zu sprechen scheint.

Wenn daher die Theorie der allochthonen Entstehung der Steinkohle durch Absatz von beigeschwemmtem Pflanzendetritus einzig und allein auf die Thatsache sich stützt, dass die Kohlenflötze meist — nicht alle — aus schichtenartigen Lagen zusammengesetzt sind, so kann dieselbe als fest begründet nicht anerkannt werden. Denn es lässt sich die analoge schichtenweise Zusammensetzung in den autochthonen Torflagern, in der aus Torfmasse unzweifelhaft hervorgegangenen Diluvialbraunkohle und durch die ganze lange Reihe der Braunkohlenbildungen hindurch nachweisen.

Doch darf man bei diesen Vorstellungen, welche wir uns von der Entstehung kohligter Ablagerungen machen, nicht ausser Acht lassen, sich daran zu erinnern, dass die Natur nicht Alles über einen Leist geschlagen hat. Es wird sich bei sorgfältiger Erwägung ergeben, dass, wie bei der Torfbildung der Hauptsache nach zwei verschiedene Entstehungsweisen vor Augen liegen, so sicher auch bei der Erzeugung der Mineralkohle die Natur verschiedene Wege eingeschlagen hat. Auch darf man nicht vergessen, dass jeder Vergleich der Entstehung der Steinkohlenflötze mit der Ausbildung der jetzt bestehenden Torfmoore schon von vornherein nur als theilweise zutreffend betrachtet werden muss, weil anzunehmen ist, dass die gegenwärtige, hauptsächlich aus Moosen und Sumpfgräsern bestehende Torfvegetation zur Kohlenzeit durch eine ganz anders geartete Moor- oder Sumpfvegetation ersetzt wurde.

Die Steinkohlenformation in ihren Hauptrepräsentanten und nach ihrer hauptsächlichsten Ausbreitung ist zu betrachten als eine Inlandsbildung entstanden auf weit ausgedehnten Verebnungen und Vertiefungen des Festlandes und in mehr vereinzeltten Fällen wohl auch auf Niederungen längs der Meeresküsten, über welche sich das Wasser zu Sümpfen ansammelte und über welche periodenweise eintretende oder

aussergewöhnliche Ueberschwemmungen grossartiges Anschüttungsmaterial ausbreiteten und in Form von Kohlenschiefer oder Kohlensandstein ablagerten. Man muss annehmen, dass zur Kohlenzeit ausgedehnte, aber noch wenig hoch aufragende Festländer weitausgebreitete Niederungen beherbergten, in welchen die Gewässer sich aufstauten und bei nur seichter Tiefe nach und nach sich in Sumpf und Morast verwandelten. Hier wucherte eine üppige Sumpflvegetation mit allen den verschiedenen Abstufungen, welche durch äussere, auf den Pflanzenwuchs Einfluss ausübende Verhältnisse bedingt waren. Hierbei dürften zunächst die Tiefe des Sumpfes, die Nähe des Trockenlandes, das zeitweise Austrocknen und das Ausgesetztsein gelegentlicher Ueberschwemmungen in Betracht zu ziehen sein. Auf den von Zeit zu Zeit eintretenden Wechsel dieser Verhältnisse ist die Verschiedenheit in den einzelnen die Kohlenflötze zusammensetzenden Lagen und Bänken zurückzuführen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in dem zeitweisen Austrocknen der Sümpfe und in der wieder erneuerten Ueberfluthung der Gewässer eine der Hauptursachen der in vielen Flötzen streifenweisen Wechsellagerung von Glanz- und Mattkohle zu suchen ist. Dabei sind Anschwemmungen zertrümmerter und zerfallener Pflanzenstoffe von benachbarten, mit reichlicher waldähnlicher Vegetation bedeckten Anhöhen und Bergen nicht ausgeschlossen. Sie mögen sogar an geeigneten Stellen der Sümpfe das Uebergewicht erlangt und auf solche Weise der Cannel- und Bogheadkohle ähnlichen Bildungen das Dasein gegeben haben, während sie an anderen Stellen nur zu einer Zwischenlage inmitten der unter anderen Bedingungen erzeugten Kohlenbänke das Material lieferten. Es ist denkbar, dass von der Sumpflvegetation selbst der in eine Art Fäulniss übergegangene Pflanzendetritus abgeschwemmt und den unter tiefem Wasser stehenden Stellen des Sumpfes zugeführt wurde, um daselbst zu eigen-

artigen, mehr massigen, der Cannelkohle ähnlichen Ablagerungen angehäuft zu werden.

Nach einer längeren oder kürzeren Zeit relativ ruhiger Vegetation, welche das Material zu einem Kohlenflötz in seinen verschiedenen Lagen und Bänken lieferte, trat eine Periode ein, während welcher die flache, weite Sumpfniederung von Fluthen überschwemmt und von schlammig thonigem oder sandigen, dem Festlande entrissenem Material in vielfach sich wiederholenden Gesteinsschichten überlagert wurde. Dadurch wurden zwar neue Terrain- und Niveauverhältnisse geschaffen, aber es blieben doch vielfach Vertiefungen, flache Niederungen auch nach der Ueberfluthung annähernd an den gleichen Stellen, an welchen die früheren Sümpfe sich befanden und welche aufs Neue geeignet waren, das Wasser anzustauen, sich in Sumpf und Moor zu verwandeln und eine neue Kohlenflöztbildung einzuleiten. Eine wiederholte Ueberschwemmung mit Gesteinsmaterial überdeckte ein zweites Kohlenflötz. Dieser absatzweise Wechsel von Vegetations- und Ueberschwemmungsperioden wiederholte sich so oftmals, als Flötze in einem Becken übereinander gelagert vorkommen. Gestalteten sich die Verhältnisse für ein Wiederaufleben der Sumpfvegetation ungünstig, so unterblieb die Kohlenflöztbildung und es folgten ununterbrochen Gesteinsablagerungen auf Gesteinsablagerungen. Diese Vorstellung emancipirt sich vollständig von der durch keine Thatsache wahrscheinlich gemachten ruckweisen Senkung der Kohlenfelder nach jeder Kohlenflöztbildung. In wie weit hierbei Verschiebungen des Niveaus zwischen Festland und Meer mit in Betracht zu ziehen wären, möge hier vorerst unerörtert bleiben, nur darauf möchte hinzuweisen sein, dass man sich nicht vorstellen dürfte, als wären die Becken, welche wir jetzt mit Kohlengebirgsschichten von oft erstaunlicher Mächtigkeit ausgefüllt finden, gleich von Anfang an von Grund auf bis zum obersten Rand mit Wasser er-

füllt gewesen. Diese Mulden haben sich nur ganz allmählig ausgefüllt und müssen als zeitweilig mit einer relativ seichten Wasseranstauung, die sich nach und nach in immer höherem Niveau neubildete, überdeckt gedacht werden.

In vielen Kohlenbecken beginnt der Aufbau der carbonischen Gesteinsschichten in abweichender Lagerung über einem unregelmässig nivellirten Untergrunde, welcher aus weit älterem Gestein besteht, als dasjenige ist, welches in normaler Schichtenfolge der eigentlichen Steinkohlenbildung unmittelbar vorangeht — Präcarbon oder Culmschichten. Mit solchen Verhältnissen steht die im Vorausgehenden entwickelte Vorstellung der Bildung von Steinkohlenflötzen in Uebereinstimmung. Es kommen aber auch, wiewohl im Ganzen spärlicher, Fälle vor, dass in den die typischen Steinkohlenflötze begleitenden Schichten vereinzelte Meeresconchylien eingeschlossen sind, und dass die Kohlenflötze bereits in den älteren präcarbonischen oder Culmschichten wechsellagernd mit an Meeresthierüberresten reichen, zum Theil kalkigen Bänken beginnen und höher in der ächten Carbonreihe einfach weiter fortsetzen. Dies scheint mit den obigen Annahmen nicht vollständig in Einklang zu stehen.

Was den ersten Fall betrifft, so erklärt sich das Vorkommen mariner Thierversteinerungen in Schichten zwischen den Kohlenflötzen unschwer aus dem Umstande, dass, wie dies ja nicht als ausgeschlossen angenommen werden darf, hier die Sumpfniederung des Kohlenbeckens in der nächsten Nähe des Meeres sich ausbreitete und durch Einbrüche und Hochfluthen des Meeres zeitweise überströmt wurde. Auf diese Weise konnten Reste von Meerthieren in den vom Festlande abstammenden Ueberschwemmungsablagerungen eingeschlossen werden.

In Bezug auf die zwischen marinen Ablagerungen eingebetteten Kohlenflötze der Präcarbonzeit ist zunächst an gewisse Kohlenbildungen der cretacischen und tertiären

Periode zu erinnern. In den Gosauschichten beispielsweise begegnen wir einer kleinen Kohlenformation mit in der Kohle selbst eingeschlossenen brackischen Conchylien im Brandenberger Thale auf der Nordseite des Inns in Tirol. Hier weisen alle geologischen Verhältnisse auf eine streckenweise durch einmündende Flüsse brackisch gewordene Meeresbucht hin, in welcher sich, wie die Struktur des hier vorkommenden Kohlenflötzes lehrt, aus angeschwemmtem Pflanzendetritus und Treibholzstücken an sumpfiger Stelle ein nach der Mitte der Bucht sich rasch auskeilendes Kohlenlager bildete, während daneben an anderen Stellen selbst Korallenreste beherbergende Ablagerungen entstanden sind.

Unter ähnlichen Verhältnissen taucht ein Flötz vorzüglicher Pechkohle von unteroligocänem Alter am Innthalrande bei Häring unfern Kufstein in Tirol auf. Hier umschliesst das schon früher beschriebene Kohlenflötz und der zwischengelagerte bituminöse Kalk zahlreiche brackische Conchylien neben einzelnen Landschnecken und ein wahres Herbarium ausserordentlich gut erhaltener Pflanzenblätter, selbst ganze Zweige in Mitten einer durch zahlreiche Einschlüsse mariner Thierüberreste (Conchylien, Korallen, Bryozoen, Foraminiferen u. s. w.) charakterisirten Mergelablagerung. Auch in diesem Falle haben wir es mit einer Kohlenbildung in einer Meeresbucht zu thun, welche streckenweise halb ausgesüsst und an seichten Stellen in einen Sumpf verwandelt, die Abfälle einer an Ort und Stelle wachsenden Vegetation mit den von den benachbarten, mit üppigem Wald bedeckten Höhen beigeschwemmten Pflanzentrümmern in sich aufnahm und dieses gesammte Material zu einer Kohlenflötzlage umbildete.

Ein weit grossartigeres Bild einer zwischen zum Theil marinen, zum Theil brackischen Schichten eingelagerten Kohlenbildung bietet sich uns in den zahlreichen Pechkohlenflötzen der oberoligocänen Stufe in Südbayern

(Miesbach, Pensberg, Peissenberg). Hier beginnt die Molasse mit einer Reihe älterer mariner Schichten (untere Meeresmolasse). Darauf folgt die sehr mächtige, der Hauptsache nach brackische Schichtenreihe mit Mergel-, Sandstein- und Conglomeratbänken, zwischen welchen auf eine grosse Erstreckung hin über 20 Pechkohlenflötze eingebettet sich finden. Nach oben wird diese brackische Molasse gleichförmig von einer zweiten jüngeren marinen Bildung (miocäne Meeresmolasse, Muschelsandstein) überdeckt. In den Kohlenflötzen sehen wir sehr häufig Zwischenlagen von bituminösem Kalk, welcher, wie die Kohle, zahlreiche Land- und Süswasserschneckenreste in sich schliesst. Im Dach der Flötze finden sich verhältnissmässig spärlich verkohlte Blattreste von Laubbäumen (*Quercus, Ficus, Ulmus etc.*), von Riedgräsern und Sumpfpflanzen (*Nelumbium*). Es ist nicht zweifelhaft, dass das vor dem damals noch nicht zu seiner gegenwärtigen Höhe aufragenden Alpengebirge ausgebreitete Becken zuerst mit Meerwasser erfüllt war und vielleicht durch eine entstandene Barre an der freien Verbindung mit dem Hauptmeere gehemmt, sich zur aquitanischen Zeit nach und nach halbaussüsste. In dieser brackisch gewordenen Bucht bildeten sich an den seichteren Rändern oder weniger tiefen Stellen Versumpfungen, Moore und Sumpfwälder, deren üppige Vegetation das Material zu einer Kohlenablagerung zu liefern im Stande war. Dass eine an Ort und Stelle wachsende Vegetation an der Entstehung der Kohlenflötze direkt mit betheilig ist, wird durch die zahlreichen Wurzelreste bewiesen, welche sich im Liegenden der Kohlenflötze quer durch das mergelige Gestein ziehen. Auch stimmt mit einem autochthonen Ursprung des Kohlenmaterials das Vorkommen des zwischen- und aufgelagerten bituminösen Kalksteins, dessen Entstehung nur nach Art der Almbildung unserer jetzigen Torfmoore sich erklären lässt, gut überein. Zeitweise Ueberfluthungen, bei welchen das brackische Wasser mit seiner

Thierwelt über die Moore gedrängt wurde, bedeckten mit ihren Schlamm-, Sand- und Geröllablagerungen in periodenartigem Wechsel das angehäuften Pflanzenmaterial, das sich unter dieser Decke in Pechkohle umänderte. Unter Verhältnissen, welche, wenn auch nur ganz im Allgemeinen den eben geschilderten ähnlich gewesen sein mögen, dürften auch die präcarbonischen Kohlenflötze entstanden sein. Es sind Kohlenflötzbildungen an flachen Meeresküsten und an seichten Meeresrändern.

Häufig wird diese den jetzt noch bestehenden Verhältnissen sich anschliessende Vorstellung der in grossen Becken vor sich gehenden Kohlenflötzbildung dadurch verdunkelt und unklar gemacht, dass man sich die Entstehung der verschiedenen Kohlenflötze übereinander und in Wechsellagerung mit marinem Sediment gleichsam in ein Niveau zusammengerückt denkt, während wir es doch mit zeitlich weit auseinander liegenden und durch sehr verschiedene Ursachen veranlassten Erscheinungen zu thun haben.

Im Grossen und Allgemeinen sind die Kohlenflötze ein autochthones Erzeugniss abgestorbener, zerfallener und zersetzter Pflanzentheile, bei welchem nur untergeordnet und stellenweis Einschwemmungen wesentlich betheiligt erscheinen. Die Mineralkohle selbst aber ist keine zusammengeschmolzene, texturlose, sondern eine weit vorherrschend mit erhaltener Pflanzentextur versehene, aus dem Pflanzenreiche abstammende Masse von verschiedenartigen Kohlenstoffverbindungen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Vorbemerkung: Alle Zeichnungen sind in einhundertmaliger Vergrößerung, mit Ausnahme der mit einem beigetzten: \times versehenen, welche in dreihundertmaliger Vergrößerung dargestellt sind, ausgeführt:

- Figur 1. Kügelchen von harzähnlichen Substanzen.
" 2. Von zahlreichen Löchern durchbrochene Blättchen aus harzartigen Substanzen.
" 3. Grössere, hohle, von zahlreichen Löchern durchbrochene Kügelchen aus harzartigen Substanzen.
" 4. Dünne Blättchen verschiedener Mineralien als Auscheidungen auf den Klüftchen der Steinkohle.
" 5. Quarzscheibchen; b, mit dem dunklen Kreuz i. p. L.
" 6. *Sphagnum*-Blätter aus Moostorf im ursprünglichen Zustande des Torfs.
" 7. Dieselben, nachdem die Torfmasse durch einen Druck von 20 000 Atm. zusammengepresst worden ist.
" 8. Pollenkörner aus dem Lebertorf von Doliwen in Ostpreussen.
" 9. Ausfüllung der Zellen mit einer huminartigen Substanz in der diluvialen Braunkohle von Mörschwyl.
" 10. a, Pollen und b, algenartige Räschen aus der Diluvialbraunkohle von Gr.-Weil.
" 11. Ein Blattrest aus der Diluvialbraunkohle von Mörschwyl.
" 12. Lignit aus der Braunkohle vom Imberg Graben, a, b und c im Tangential-, Hirn- und Radialschnitt.
" 13. Derselbe nach einer Pressung unter 20 000 Atm. Druck.
" 14. Pollen aus der Braunkohle der Grube Sattlerin in der Oberpfalz.
" 15. Rindenstück aus dem tertiären pechkohlenartigen Lignit der Rhön.
" 16. Tertiäre Faserkohle aus der Braunkohle des Traunthals.

- Figur 17. Zusammengehäufte Pollen aus der tertiären Gaskohle von Falkenau.
- „ 18. Verschiedene Sporen aus derselben Kohle.
- „ 19. a, Schleuderartige Faserzellen aus dem Pyropissit von Weissenfels.
b, Pollenkörner und algenähnliche Körper aus dem Pyropissit von Sauforst in der Oberpfalz.
- „ 20. Pollen und algenartige Räschen aus dem Dysodil von Rott bei Bonn.
- „ 21. Pechkohlenartige Braunkohle von Prevali. a, Epidermis mit einer Spaltöffnung; b, einzelne Pollen; c, eine flockige Masse mit eingeschlossenen Pollen; d, Sporen (?) ähnliche Kügelchen.
- „ 22. Alttertiäre Pechkohle der Cosina-Schichten. a, mit faserigen Röhrchen und b, einem Klümpchen zerfallener Pflanzentheile, welche Pollen einschliessen.
- „ 23. Holzgewebe aus der Braunkohle von Djiddeg am schwarzen Meere.
- „ 24. Verschiedene Pflanzengewebe aus den Mattkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle vom Peissenberg.
- „ 25. Verschiedenes Holzgewebe aus den Glanzkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle vom Peissenberg und Miesbach.
- „ 26. Holzgewebe mit Markstrahlen aus der Pechkohle von Penzberg.
- „ 27. Faserkohle aus der Pechkohle von Oberbayern.
- „ 28. Holzzellen aus der Augenpechkohle von Penzberg.
- „ 29. Gewebetheile aus einem verkohlten Stamm der Pechkohle von Miesbach.
- „ 30. Holzgewebe aus einer Gagatkohle der cretacischen Schichten Schlesiens.
- „ 31. Holzgewebe aus einem Liasgagat von Boll mit Markstrahlen und Harzgängen.
- „ 32. Holzgewebe aus einem Liasgagat aus der Gegend von Banz bei Staffelstein, Oberfranken. a, im Dünnschliff; b, in dem Aschenrückstand; $\times \times$ sehr stark vergrössert.

Tafel II.

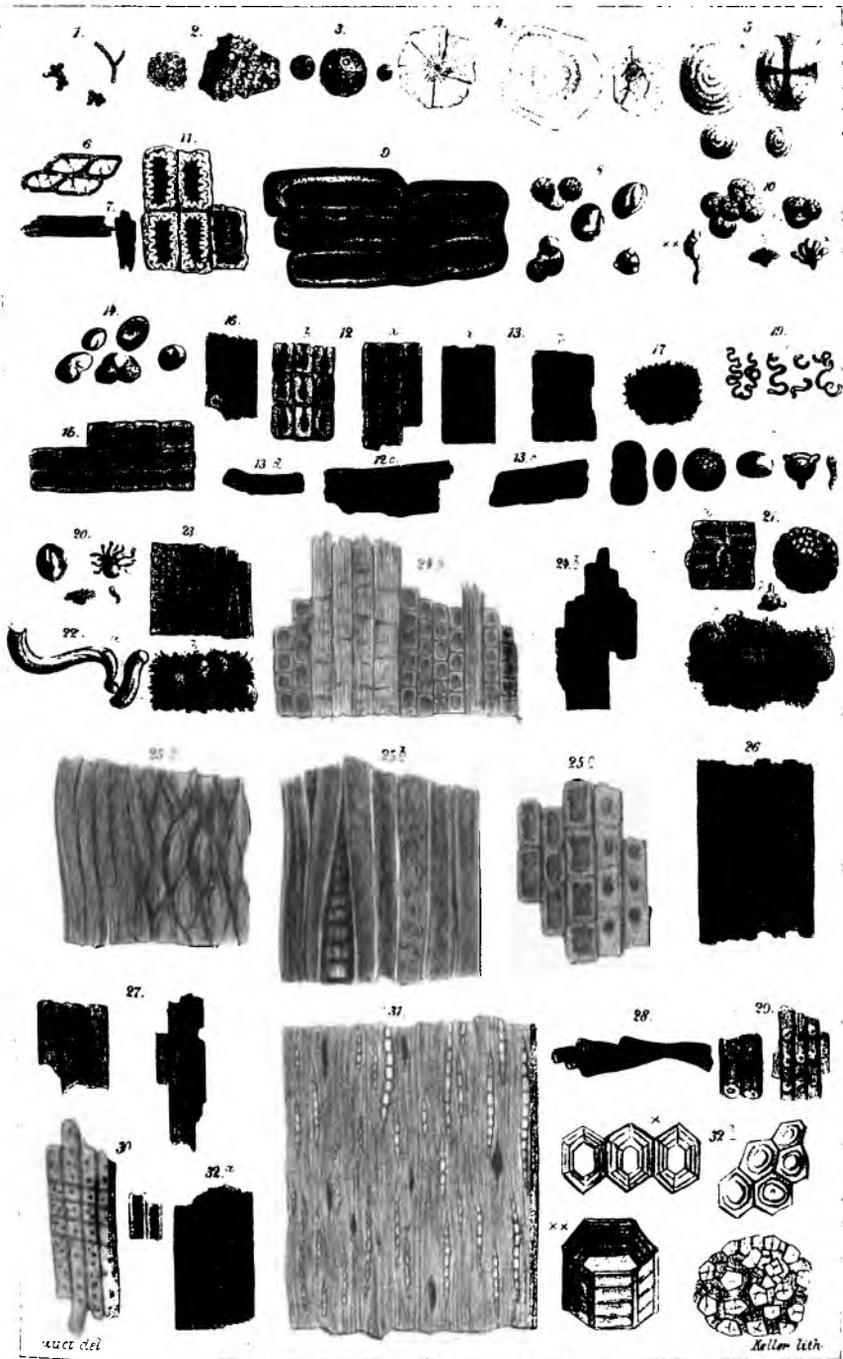
- Figur 33. Holzgewebe aus einem Gagat des rhätischen Keupers von Taxöldern in der Oberpfalz.
- „ 34. Pflanzengewebe aus dem Gagat eines Equisetumstammes des Muschelkalk von Sennefeld (Unterfranken).

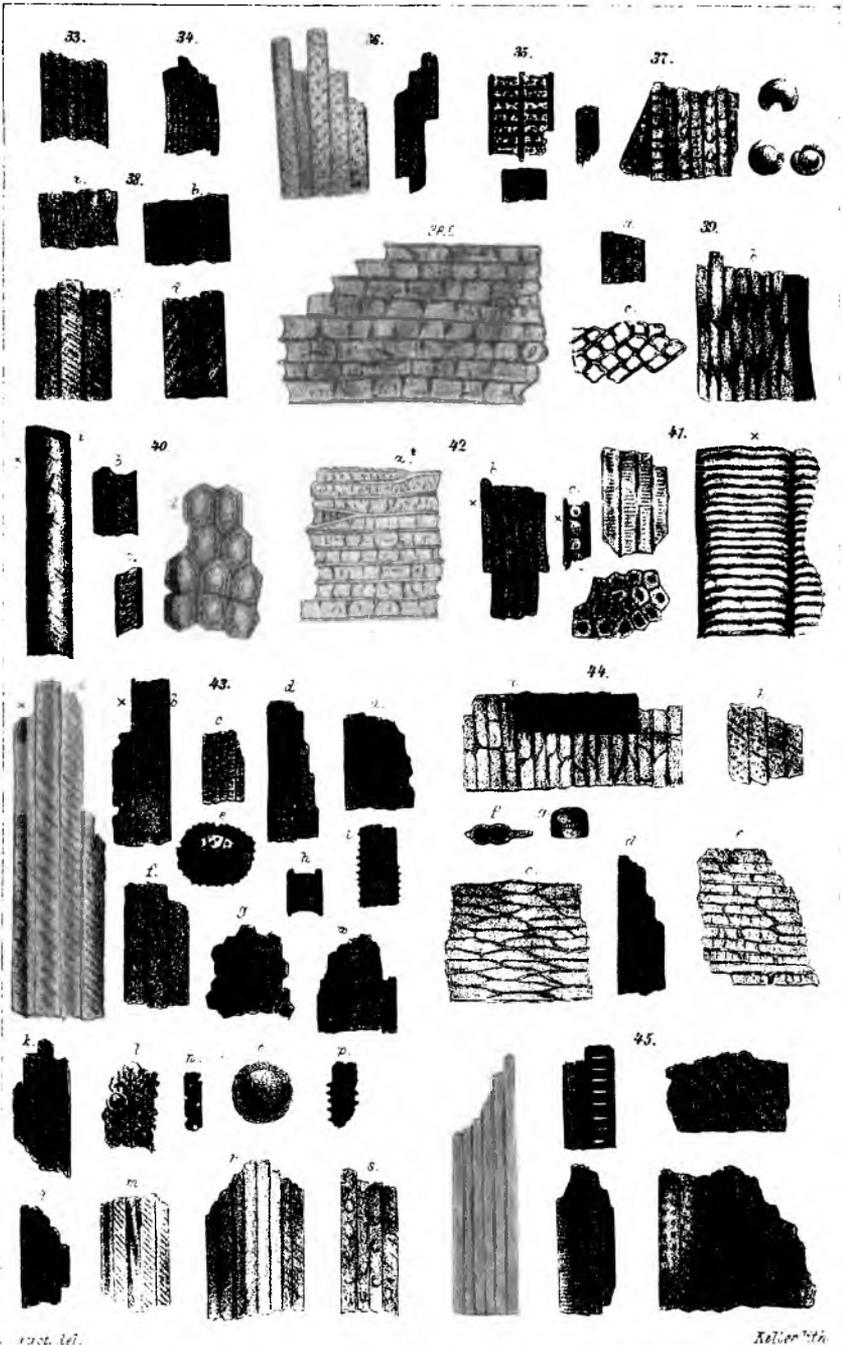
- Figur 35. Pflanzengewebe aus der untercretacischen Deisterflötzkohle von Minden.
- „ 36. Desgleichen aus der Stipitkohle der Liasschichten vom Pechgraben (österr. Alpen.)
- „ 37. Desgleichen aus dem rhätischen Stipit des Keupers von Theta bei Bayreuth.
- „ 38. (a—e) Pflanzengewebe aus den verkohlten Theilen.
a, von *Lepidophyllum*;
b, *Neuropteris acutifolia*-Blatt.
- „ 39. (a—c) Desgleichen von Blattorganen eines *Lepidodendron elegans* von St. Ingbert.
- „ 40. (a—d) Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Calamites Suckowi*.
- „ 41. Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Lepidodendron dichotomum*.
- „ 42. (a—c) Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Sigillaria hexagona*; 40, 41 und 42 stammen aus der Steinkohlengrube von St. Ingbert in der Pfalz.
- „ 43. (a—u) Pflanzengewebe aus den Glanzkohlenlagen der Steinkohlenflötze von verschiedenen Becken; (v—w) aus Neuschottland.
- „ 44. (a—g) Desgleichen aus den Mattkohlenlagen der Steinkohlenflötze von verschiedenen Becken.
- „ 45. Desgleichen aus der postcarbonischen Steinkohle von Odenbach (Cuseler Schichten).

T a f e l III.

- Figur 46. (a—c) Pflanzengewebe aus der Glanzkohle der Grube Centrum.
- „ 47. (a—h) Verschiedene Pflanzentheile aus der cannelkohle-ähnlichen Glanzkohle des Flötzes „Gneisenau“ der v. Dechen Grube bei Saarbrücken: a, Parenchymzellen; b, Prosenchymzellen; c, Faserkohle; d, e, f, g sporenartige Körper; h—i, algenartige Formen; k, schleuderartige Faser.
- „ 48. Aus der Augenkohle der Grube St. Ingbert.
- „ 49. Aus der Zwickauer Mattkohle. a, Sporenhäufchen; b, langgestreckte Zellen.
- „ 50. (a—b) Thierkohle aus dem Fischeschiefer von Münsterappel in der Rheinpfalz.
- „ 51. Sporenkörper aus der Cannelkohle von Wigan in England.
- „ 52. Holzgewebe aus derselben.

- Figur 53. Algenartige Büschel aus derselben.
 „ 53 b. Dieselbe Kohle im Schnitt parallel zur Schichtung (Dünnschliff).
 „ 53 c. Dieselbe Kohle im Schnitt senkrecht zur Schichtung (Querschnitt, Dünnschliff).
 „ 54. (a—g) Sporenkörper aus der Bogheadkohle von Turbanhill.
 „ 55. Algenartige Räschen aus derselben Kohle.
 „ 55 b. Dieselbe Kohle im Schnitt parallel zur Schichtung (Dünnschliff).
 „ 55 c. Dieselbe Kohle im Querschnitte (Dünnschliff).
 „ 56. Gaskohle aus Tasmanien mit gewundenen, cylindrischen Fasern.
 „ 57. Algenartige Räschen aus derselben Kohle.
 „ 58. Algenartige Körper und cylindrische Fasern aus der sog. Plattelkohle des Humboldtschachtes von Nürschan in Böhmen (Pilsener Becken).
 „ 59. a Sporenhäufchen mit Faserkohle vermenget; (b—c) einzelne sporenartige Kügelchen aus derselben Kohle.
 „ 59 d. Querschnitt aus derselben Plattelkohle von Nürschan.
 „ 60. Aus einer plattelkohleähnlichen Zwischenlage der Steinkohle der Mathildenzeche bei Pilsen.
 „ 61. Aus der Plattelkohle von Tremosna bei Pilsen in Böhmen. Faserkohle.
 „ 62. Aus derselben Kohle sporenartige Körperchen.
 „ 63. Devonische Gaskohle von Tschulkowa bei Tula in Südrussland mit sporenartigem Körper und Faserkohle.
 „ 64. Algenartige Räschen und Zweige aus derselben Kohle.
 „ 64 b. Querschnitt aus derselben Kohle.
 „ 65. Pseudocannelkohle aus der Zeche: Johannes Erbstollen in Westphalen mit sporenartigem Körper.
 „ 66. (a—h) Anthracit aus Pennsylvanien mit Holzgewebe nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit.
 „ 67. Pflanzengewebe aus der Asche desselben Anthracits.
 „ 68. Holzgewebe aus der Grobkohle von Lancashire.
 „ 69. Aus der Glanzkohlenrinde eines *Calamiten* der silurischen Wenlock (?) Schichten.
 „ 70. Graphitschüppchen aus dem körnigen Kalke des Phyllits von Wunsiedel.





nach. tel.

Kellner'sche

