

Elise Hofmann, Paläobotanik im Dienste der Geologie und Montanistik.

Die Paläobotanik hat vor allem die Aufgabe, pflanzliche Fossilien aus vergangenen Erdperioden zu untersuchen und auf ihre Gattungs- bzw. Artzugehörigkeit zu bestimmen.

Die Pflanzenreste können beispielsweise als reine Abdrücke im Gestein erhalten sein und die Gestalt der einstigen Pflanze oder Pflanzenteile mehr oder weniger vollständig zeigen oder aber es besitzen solche Abdrücke noch einen zarten Kohlenfilm, wie dies sehr häufig bei Blättern der Fall ist. Solche Kohlenfilme, die fossilen Kutikulen der einstigen Blätter, ermöglichen auch noch die mikroskopische Untersuchung der Epidermisgewebe, deren getreuen Abdruck die Kutikulen bieten. Die sich darauf gründende Untersuchungsmethode wird als *Kutikularanalyse* bezeichnet, welche in vielen Fällen, wenn ein rezentes Vergleichsmaterial vorhanden ist, dank der für Gattung oder Art charakteristischen Zellverbände auch zu einer Bestimmung der Gattungs- oder Artzugehörigkeit führt. Fehlt ein solcher Kohlenfilm dem Abdruck, dann kann in vielen Fällen nach Auftragen eines Tröpfchens Kollodium dieses alsbald erstarrte Häutchen einen solchen Abdruck der Epidermis mit ihren Zellformen wiedergeben und so die Kutikula ersetzen. Es gelingt dies aus dem Grunde, weil der Blattabdruck auch die Plastik der Blattoberhaut noch erkennen läßt.

Mannigfaltig wie die Abdrücke sind aber auch die echten Versteinerungen oder Intuskrustationen, welche hauptsächlich Hartteile der Pflanze, wie Achsen, seltener Früchte, in den verschiedenen Erdperioden konserviert haben. Solche Versteinerungen können z. B. durch Kieselsäure gebildet werden, wie die von mir untersuchten Farn- und Sequoienstämme aus dem Braunkohlenflöz von Kaletzberg im Hausruck, oder die schönen, durch Opal versteinerten Hölzer in Gleichenberg, ferner durch Phosphorit, wie die phosphatisierten Hölzer aus Prambachkirchen in Oberösterreich, oder auch durch Pyrit, wie Holzreste und Zapfen aus der Braunkohle von Parschlug bei Leoben u. v. a. m. Diese Funde konnte ich ebenso wie viele andere Intuskrustationen aus ihrem Zellgewebsbau nach Gattung und Art bestimmen. Besonders deutlich zeigt sich das Zellgewebe, wenn ein Inkohlungsprozeß der Versteinerung vorangegangen ist und die Zellwände hell- bis dunkelbraun erscheinen.

Je nach dem Grade der Lichtdurchlässigkeit bringen Dünnschliffe und Anschliffe im durchfallenden, bzw. auffallenden Licht im Mikroskop das Zellgewebe zum Vorschein.

Eine unermeßliche Menge pflanzlicher Reste bieten die Stein- und Braunkohlenlager der Erde, die Moore der Vergangenheit, sowohl in ihren Flözen als auch in den Hangend- und Liegendschichten. Besonders prächtige Erhaltungszustände weisen da die in den paralischen Steinkohlenbecken vorkommenden Torfdolomite (coal balls) auf, Intuskrustationen, die von den Meeressalzen gebildet wurden und ein buntes Gemengsel von Achsenteilen, von Sporen und Sporangien, von Blattresten und Rindenstücken verschiedener

Karbonpflanzen, wie z. B. Farne und Farnsamer (Pteridospermen) u. a. m. enthalten. Die Steinkohle selbst, von der am besten Anschliffe hergestellt werden, zeigt im auffallenden Licht des Mikroskops häufig noch Kutikulen verschiedener Blätter, wie auch Sporen, deren Beschaffenheit die Sporenanalyse ermöglicht, welche wohl erst noch im Aufbau begriffen ist, aber doch schon wertvolle Hinweise auf die einstigen Pflanzen des Steinkohlenwaldes bietet. Ähnliches gilt in noch erhöhtem Maße von der Pollenanalyse der Braunkohle, fußend auf dem gewaltigen Formenreichtum des Pollens und dessen Widerstandsfähigkeit gegen die Vorgänge der Fossilisation. Auch die Stämme der einstigen Braunkohlenbildner geben im Mikroskop ihren Gewebebau oft noch sehr deutlich zu erkennen und ermöglichen im Quer-, Radial- und Tangentialschliff eine Bestimmung auf Gattung oder Art. Da aber in den Braunkohlenlagern nur die Koniferenhölzer infolge ihres bedeutend einfacheren Baues und ihres konservierenden Harzgehaltes als inkohlte Stammreste oder auch als Xylite mit deutlicher Holzstruktur in Stücken vorhanden sind, die eine mikroskopische Untersuchung ermöglichen, während die Laubhölzer höchst selten und dann nur in mikroskopisch kleinen Resten, die keine Gewebscharakteristika mehr aufweisen, vorkommen, sind Reste von Blättern, Früchten und Samen, die sich meist in den Hangendschichten finden, von sehr großer Bedeutung, zumal sie bezüglich der Waldvegetation der einstigen Braunkohlenmoore die Lücken in unserem Wissen zu schließen vermögen. In noch höherem Maße gilt dies eben von den kleinsten Resten, die uns die Pflanzen in den Flözen oder den Sedimentgesteinen zurückgelassen haben, von den Pollenkörnern, die die Phasen bis zur völligen Fossilisation überdauern haben und dadurch zu untrüglichen Zeugen einstigen Pflanzenlebens werden. So sind es die drei Hauptmethoden paläobotanischer Untersuchung, die Achsen- oder Stelen-, die Kutikular- und Pollenanalyse, welche den Zellgewebsbau pflanzlicher Fossilien in mehr oder weniger mühevoller und zeitraubender Weise für die Mikroskopie erschließen.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich unmittelbar die Bedeutung der Paläobotanik für Geologie und Stratigraphie. Sie liefert eine stattliche Reihe von Leitfossilien schon deshalb, weil sehr viele Pflanzenarten in ihrer entwicklungsgeschichtlichen Abfolge in bestimmten Schichten typisch sind und darüber hinaus noch dadurch, daß jede stratotypische Pflanzenart in ihren eventuell vorhandenen Kutikulen, Stelen oder Pollenkörnern sich selbst als Leitfossil zu erkennen gibt und sich so in eine Reihe mikroskopischer Leitfossilien zerlegt. Der Reichtum an Leitfossilien ergibt sich auch aus der Tatsache, daß diese Mikroffossilien durch ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Fossilisationsprozeß große Zeiträume überdauern.

Fossile Pflanzenreste, wie die Blätter mit ihrer Nervatur, vor allem aber der pflanzliche Detritus von Kutikularesten und Pollenkörnern mit ihrer mannigfaltig geformten Exine können geradezu zu Leitfossilien werden. In gleicher Weise gilt dies auch von den Sporen. Voraussetzung hiezu ist sowohl die umfassende Kenntnis rezenter Mikroffossilien für Vergleichszwecke als auch der in den einzelnen

Schichten der Erdkrinde vorkommenden pflanzlichen Typen. Doch stehen wir erst in dieser Hinsicht am Anfange unserer Bemühungen.

Einige Beispiele der schon zahlreich gewordenen pflanzlichen Leitfossilien seien kurz erwähnt. So sind Arten von *Rhynia* und *Asteroxylon* Leitfossilien des älteren Devons. *Pseudosporochnus* ist typisch für das Mitteldevon, während das Oberdevon durch *Cyclostigma* und *Pseudobornia* und Arten des Farnes *Archaeopteris* gekennzeichnet erscheint. Eine Reihe pflanzlicher Leitfossilien sind für karbonische und permische Schichten bekannt und genau eingestuft, so z. B. für den mittleren Teil des mittleren Oberkarbons *Lonchopteris rugosa*, *Mariopteris acuta*, *Neuropteris schlehani* u. a. m., für das Permo-karbon Arten von *Glossopteris*. Die genaue Kenntnis pflanzlicher Leitfossilien ermöglichte die Ausarbeitung einer stratigraphischen Gliederung des Karbons auf der ganzen Erde, was in dem bekannten „Heerlener Schema“ Ausdruck findet.

Auch für das Mesophytikum mit Zechstein, Trias, Jura und Unterkreide und ihre Stufen wurden pflanzliche Leitfossilien gewonnen. Ich erwähne z. B. *Pleuromeia sternbergii* aus dem deutschen Buntsandstein, ferner *Lepidopteris Ottonis*, ein typisches Rhät-Leitfossil, weiters die zierliche, etwa 20 cm hohe *Nathorstiana arborea* aus dem Neokom von Quedlinburg, eine Pflanze, welche eine Mittelstellung zwischen *Pleuromeia* und *Isoetes* einnimmt, schließlich auch noch die zahlreichen Arten der phylogenetisch hochinteressanten *Bennettitteen* aus der Unterkreide von Mitteleuropa, England und Nordamerika.

Ein interessantes Material zur Datierung stellen die spärlichen Pflanzenreste in den Salztonen des Hallstätter Salzberges und des Dürrnberges von Hallein dar, sowie die gleichen Pflanzenreste im Werfner Sandstein, welche ich untersuchen und auch bestimmen konnte. Es handelt sich dabei um Abdrücke mit Kohlenfilmen einer *Equisetites*-Art, von der sowohl Sproßteile als auch einnervige Blättchen, die an den Stengelknoten inseriert waren, vorkommen. Es fanden sich sonst von keiner Pflanze irgendwelche Reste. Nebenbei sei bemerkt, daß ich sowohl von den Achsen als auch von den Blättchen Epidermiszellen präparieren konnte, was ich in einer demnächst erscheinenden Arbeit des näheren ausführen werde. Zuzufolge der Bestimmung dieser Reste erscheinen die Salztonen nach dem untersuchten Material triassischen Alters.

Während auf Grund tierischer und pflanzlicher Fossilien besonders das Karbon eine durchgreifende Gliederung in Straten erfahren hat, sind wir noch mit einer allgemeinen Tertiär- oder Braunkohlenstratigraphie im Rückstand geblieben, da es noch nicht zu einer Aufstellung pflanzlicher Leitfossilien des Tertiärs mangels einer genauen Durchforschung aller Braunkohlenlagerstätten nach modernen Untersuchungsmethoden gekommen ist. Die systematische Erfassung der Mikroflora des Tertiärs ist daher für die Aufstellung eines Schemas der Braunkohlenstratigraphie unerläßlich. Die Pollenanalytiker, welche bereits mit derartigen Arbeiten begonnen haben, werden dazu ein gewichtiges Wort zu sprechen haben.

Auch der Montanistik bietet die Paläobotanik im Wege der Kohlenpetrographie Stützpunkte der Forschung. So stellte die mikroskopische

Untersuchung der Steinkohlenvorkommen drei voneinander deutlich unterscheidbare Arten fest, nämlich Glanzkohle oder Vitrit, Mattkohle oder Durit und fossile Holzkohle oder Fusit. Vitrit besitzt mittleren Heizwert, mittleren Gas- und Teergehalt und ist der beste Kokslieferant, während Durit eine besonders große Ergiebigkeit an Gas und Teer aufweist und Fusit als fast 100%iger Kohlenstoff einen hochwertigen Brennstoff darstellt. Gestützt auf diese Erkenntnis gewann die Technik neue Wege, durch Mischung einzelner Sorten deren wertvolle Eigenschaften zu kombinieren und deren Wert zu erhöhen. Solche kohlenpetrographische Erwägungen gelten sowohl für Stein- als auch für Braunkohlen.

Die Paläobotanik gewinnt aber Beziehungen zur Technik des Bergbaues noch insofern, als sie durch Datierung von Straten kostspielige Fehlbohrungen vermeiden kann, was insbesondere bei Verwerfungen von Flözen und Zwischenmitteln eintreten kann.

Sie leistet aber auch der systematischen Botanik wertvolle Dienste für die Erkenntnis phylogenetischer Entwicklung durch die Feststellung untergegangener Floren und füllt dadurch Lücken des pflanzlichen Systems aus. Die Entwicklungslehre hat gewiß durch Auffindung fossiler Übergangstypen bedeutsame Erkenntnisse über die Übergänge zur Angiospermie gewonnen.

Aber auch auf Paläogeographie und Paläoklimatologie wirkt sich die Paläobotanik aus. So lehren die „Rindenbäume“, die Lepidodendren, die Sumpfmooornatur des Karbonwaldes erkennen. Das Nebeneinandervorkommen von „perlschnurartigen“ Verdickungen an den Querwänden des Holzparenchyms bei *Taxodioxyton taxodii*, der fossilen Form von *Taxodium distichum*, neben völlig glatten Querwänden des Holzparenchyms bei *Taxodioxyton sequoianum*, der fossilen *Sequoia sempervirens*, führte zu der Theorie, daß die Braunkohle nicht aus solchen Sumpfmoooren gebildet worden sein kann wie die Steinkohle, sondern daß sie Trockenmoooren ihre Entstehung verdankt, die häufig und stellenweise unter den Wasserspiegel tauchten und in diesem Falle von den wasserliebenden Taxodien, zur Zeit größerer Trockenheit aber von den Sequoien bevölkert wurden. So hat die Auffindung eines rein histologischen Merkmales, wie die Beschaffenheit der Holzparenchymquerwände, die lange Zeit hindurch als unumschränkt geltende „Swamp-Theorie“ H. Potoniés über die Braunkohlenbildung erschüttert und an ihre Stelle eine Zeitlang die Trockenmooor-Theorie gesetzt, welche heute aber der Einsicht weichen mußte, daß wohl beide Entstehungsarten in den Großräumen der Braunkohlenbildung nebeneinander und nacheinander denkbar sein mögen, wie K. A. Jurasky und K. Mägdefrau in ihren Arbeiten erläutern.

So hat sich von A. Brongniarts grundlegendem Werke „Histoire des végétaux fossiles“, welches von 1828—1838 in Paris erschien, über die Werke berühmter Paläobotaniker bis heute unser Wissen von der fossilen Pflanze zu einer in sich geschlossenen Wissenschaft entwickelt, die sich würdig an die Seite der Paläozoologie stellen darf. Die Erkenntnisse der Paläobotanik dringen als Rüstzeug vielfach in die

Wissensgebiete der Geologie, der Stratigraphie, der Paläoklimatologie und Paläogeographie und durch Kohlenpetrographie und Montanistik in das praktische Leben ein.

II. Vorträge zur allgemeinen Geologie Österreichs.

Leopold Kober, Atombau und Geologie.

Atombau — wie kann der Geologe vom Bau der Atome sprechen, von ihrer Entstehung? Ist das nicht das Eigengebiet der Physik? Gewiß! Die Physik der Atome gibt der Physiker, die Geologie der Atome aber der Geologe. Geologie der Atome — was soll das heißen? Das soll sagen: Der Geologe hat auch die Aufgabe, zu prüfen, ob das geologische Geschehen nicht auch irgendwie mit dem Bau und der Entstehung der Atome zusammenhängt. Man kann doch denken, daß vom Bau der Erde Beziehungen zum Bau der Atome bestehen. In der Tat hat man in der Geologie schon an derartige Verhältnisse gedacht. Der erste in dieser Hinsicht war meines Wissens wohl der Schweizer Geologe R. A. Sonder, der 1922 (Viertel. Nat. Ges., Zürich, 67. Jg., S. 177—198) die Kontraktion der Erde mit der Bildung schwererer, dichter Elemente in Verbindung gebracht hat.

Die Arbeit von Sonder ist aber nicht beachtet worden. Ich bin auf sie erst aufmerksam geworden, als ich selbst den gleichen Weg ging. Ich habe Sonder bereits in der „Tektonischen Geologie“ von 1942 zitiert (S. 48). In dieser Arbeit habe ich auch schon von einer „Geologie der Atome, der Elemente“ gesprochen (S. 18), weiter von geologischen Tiefenstufen der Atome, von Oberflächen-, von Tiefenelementen, vom Tektonismus der Atome. Die ersten 84 Elemente des periodischen Systems der chemischen Elemente sind die stabilen Oberflächenelemente. Die folgenden sind Elemente tieferer Zonen. Diese selbst haben wieder Elemente weitaus höherer Ordnungszahl. Sie sind aber nur in der Tiefe stabil. Gelangen sie an die Oberfläche, so zerstrahlen sie. Sie werden radioaktiv. Radioaktivität ist demnach „ein allgemeiner kosmisch-geologischer Prozeß, der sich überall dort einstellt, wo Tiefenelemente an die Oberfläche kommen. Der Tiefe muß auch ein Tiefbau der Elemente entsprechen. So muß es noch Elemente höherer Ordnungszahl geben, als derzeit bekannt sind.“ Seite 19 heißt es dann noch weiter: „Die Radioaktivität ist ein allgemeiner kosmisch-geologischer Prozeß, der mit dem Aufbau der Materie in ursächlichem Zusammenhange steht.“

In meiner Arbeit „Vom Bau der Erde zum Bau der Atome“, Wien 1949, *Universum*, habe ich Grundlagen und Grundlinien der „Atomgeologie“ aufzuzeigen versucht. In der kleinen Schrift: „Element 104“, *Universum*, Jg. 1950, H. 17, S. 533, habe ich letzte Konsequenz aus dem ganzen neuen Weltbilde gezogen, das im Kosmo-Geo-Logismus mündet. Damit in der Erkenntnis, daß alles Geschehen der Erde, des Kosmos in großem Kosmo- und Geo-Nomos gebunden ist. Ein Plan