

FOSSILE PFLANZEN UNTER DEM MIKROSKOP

Von DOZ. DR. ELISE HOFMANN, Wien
(Botan. Institut der Universität Wien)

Hiezu 11 Abbildungen

Die Paläobotanik ist die Lehre von den fossilen Pflanzen, die uns in mannigfaltigen Erhaltungszuständen aus den verschiedenen Erdperioden überkommen sind. Wir können deren Art- und Gattungszugehörigkeit aus ihrer äußeren Form bestimmen, wenn ganze Pflanzen oder charakteristische Pflanzenteile erhalten geblieben sind, aber recht häufig auch an äußerlich nicht mehr erkennbaren Resten aus deren Gewebebau, der für Art oder Gattung geradezu kennzeichnend sein kann. Der Erhaltungszustand, insbesondere aber die Art der Fossilisation ist für die Präparation pflanzlicher Gewebe für die mikroskopische Untersuchung bestimmend. Die Fossilisationsvorgänge, wie Verwesung, Vermoderung, Inkohlung, Verkohlung und Versteinierung, haben die ursprüngliche pflanzliche Substanz meist derart verändert, daß die Sichtbarmachung der Gewebe oft mühsame Vorarbeiten erfordert.

Bei den „Echten Versteinerungen“ oder „Intuskrustaten“ ist an die Stelle des organischen Gewebes eine Mineralsubstanz getreten, und in diesem Fall sind die Gewebe oft so gut erhalten, daß ihre Struktur im Dünnschliff ebenso klar oder sogar noch klarer als bei einem Schnitt durch eine frische Pflanze erscheint. Häufig sind die Zellwände noch vor der Durchdringung mit mineralischen Stoffen durch die Fossilisation inkohlt, in welchem Fall die Gewebestruktur durch die dunkle Farbe deutlicher hervorgehoben wird als in Fällen reiner Versteinierung. Die häufigsten Versteinerungsmittel sind Quarz oder Opal, Kalk, Dolomit, Schwefelkies, Phosphorit, Eisen- und Kupfererze.

Um Versteinerungen der mikroskopischen Untersuchung zugänglich zu machen, bedient man sich der Methode des DÜNNSCHLIFFES, die WITHAM OF LARTINGTON schon um 1831 erfolgreich in die Paläobotanik einführte.

Zur Herstellung eines Dünnschliffes muß zuerst eine von zwei parallelen Ebenen begrenzte Platte aus dem Gestein geschnitten werden. Dies geschieht mit Hilfe einer Gesteinschneidemaschine. Sie besteht im wesentlichen aus einer Scheibe aus Zink oder weichem Eisen, welche, von einem Motor angetrieben, um eine waagrechte Achse rotiert. An der Peripherie dieser Scheibe sind in regelmäßigen Abständen Kerben angebracht, in welchen Diamantbort befestigt ist, wodurch das Schneiden auch sehr harter Gesteine ermöglicht wird. Sind die Diamanten durch häufiges Schneiden sehr harter, besonders verkieselter Materialien abgenutzt, so kann frischer Diamantbort eingesetzt werden. Außer solchen Diamantscheiben, die wohl die besten sind, kann man auch Stahlscheiben verwenden, auf deren Peripherie mit Wasser vermisches Carborundum aufgetropft wird; auch Carborundumscheiben als solche kann man verwenden, sie verbrauchen aber wegen ihrer größeren Dicke mehr Gesteins-

material. Während des Schneidens wird das zu zerlegende Gesteinsstück an die Scheibe mit einer Klemme angedrückt und automatisch vorge-schoben. Um ein Heißlaufen der Scheibe zu vermeiden, taucht diese mit ihrem unteren Teil in einen Blechkasten mit Wasser, das man vorher durch einen Zusatz von Soda weichgemacht hat.

Das Dünnschleifen des abgeschnittenen Stückes, das etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 cm dick sein soll, erfolgt entweder von Hand aus auf einer Schleifanlage oder mit einer eigenen Schleifmaschine. Eine für den Handschliff geeig-nete Schleifanlage besteht aus einer 2 bis 3 cm dicken Stahlplatte zum Grobschleifen und zwei etwa 0,8 cm dicken Glasplatten zum Feinschleifen; alle drei können etwa 30×40 cm groß sein und werden am besten auf sehr festen Tischen aufgelegt. Für das Grobschleifen verwendet man Carborundum etwa mit den Korngrößen Nr. 60, 80 oder 100, wobei die höhere Zahl das feinere Korn anzeigt. Man bringt etwas von dem Carborundumpulver auf die Stahlplatte und setzt Wasser zu. In dieses Ge-misch drückt man das Gesteinsstück und schleift es mit kreisenden Be-wegungen, wobei man mit dem zweiten und dritten Finger der Hand auf die Platte drückt und dabei darauf achtet, daß nicht an einer Stelle mehr abgeschliffen wird als an einer anderen. Von Zeit zu Zeit wird etwas Wasser zu dem Carborundumbrei zugefügt. Nach Erreichen einer völlig glatten Fläche erfolgt das Feinschleifen oder Polieren auf den Glasplatten, auf welchen mit aufgeschlämmtem „30-Minuten-Carborundum“¹⁾ und „60-Minuten-Carborundum“, bei besonders empfindlichen Materialien auch mit noch feinerem Carborundum gearbeitet wird. Eine der beiden Platten be-läßt man dauernd für das „30-Minuten-Carborundum“, während die andere dem feineren vorbehalten bleibt. Dabei müssen Verwechslungen der beiden Platten streng vermieden werden, da sonst die verschieden feinen Carbo-rundumsorten vermischt werden, der Schliff durch gröbere Körner zerkratzt wird und die ganze Polierarbeit nochmals von vorne begonnen werden muß. Aus dem gleichen Grund muß jedes Präparat beim Übergang von einem Poliermittel zum nächstfeineren jedesmal mit fließendem Wasser sorgfältig abgespült werden, damit kein Rest des vorher verwendeten gröbereren Poliermittels in das feinere verschleppt wird.

Hat man in dieser Weise eine Seite der Gesteinsprobe poliert, so wird sie mit Kanadabalsam auf einen Objektträger aufge kittet. Dabei ist zu beachten, daß keine Luftblasen in den Balsam kommen dürfen. Man trägt den Balsam zweckmäßig mit einem Glasstab auf den Objektträger auf, läßt ihn einige Male im Bunsenbrenner aufflammen, damit er genügend gehärtet wird, legt dann die Probe mit der polierten Seite auf den Bal-sam und drückt sie darauf fest. Dann muß das Präparat so lange ruhen, bis Objektträger, Balsam und Gesteinsplatte zu einem einzigen festen Körper geworden sind, was einige Tage dauert. Durch das Schleifen ist die Probe wohl schon bedeutend dünner geworden, sie ist aber noch immer

¹⁾ Die Zeitangabe bedeutet die Sinkgeschwindigkeit des aufgeschlämmten Carborundums; je höher die Minutenzahl, um so feiner das Carborundum.

viel zu dick, um im Mikroskop das pflanzliche Gewebe erkennen zu lassen. Daher wird nun die freiliegende, noch nicht geschliffene und noch nicht polierte Seite der Probe genau so behandelt wie die bereits aufgekittete, nämlich zuerst grobgeschliffen auf der Stahlplatte, dann poliert auf den zwei Glasplatten. In diesem Stadium des Schleifprozesses muß die Dicke des Schliffes immer wieder unter dem Mikroskop geprüft werden. Wenn man auf der letzten Platte zu eifrig schleift, kann es geschehen, daß entweder der schon sehr dünne Schliff zerbricht, oder aber, daß er sogar ganz abgeschliffen wird, so daß schließlich nur mehr der Kanadabalsam verbleibt. Zeigt der Dünnschliff mit hinreichender Klarheit das Gewebe, so hört man mit dem Schleifen auf und deckt den Schliff unter Verwendung von Kanadabalsam mit einem Deckglas. Dazu bringt man etwas Kanadabalsam auf das Deckglas, härtet diesen wie beim Objektträger in der Flamme des Bunsenbrenners und legt dann das Deckglas — unter sorgfältiger Vermeidung von Luftblasen — mit der Balsamschicht auf den auf den Objektträger aufgekitteten Schliff. Um eine gleichmäßige Verteilung des Balsams auf der Schlifffläche zu sichern, befeuchtet man diese vorher mit Xylol oder Nelkenöl, was besonders bei großen Schliffen empfehlenswert ist. Nach dem Erhärten, das wieder einige Tage dauert, wird der unter dem Deckglas hervorgequollene Balsam mit einem heißen Messer entfernt und der ganze Schliff mit Xylol gereinigt.

Der eben beschriebene Vorgang des Schleifens erfordert bei Proben von etwa 2—3 cm² Fläche ungefähr 3—4 Stunden, welche Zeit bei entsprechender Übung allerdings herabgesetzt werden kann. Der indische Paläobotaniker SAHNI bildete sich in Lucknow einen Gehilfen zum Gesteinschleifen aus, der eine so große Fertigkeit in dieser Technik besaß, daß er — wie ich mich an Hand der mir von Prof. SAHNI gezeigten Schliffe selbst überzeugen konnte — Gesteinsstücke von mehr als 100 cm² Fläche mit der Hand völlig gleichmäßig schleifen konnte. Wie in manchen anderen Fällen, so ist auch hier die Handarbeit der Maschine vorzuziehen, besonders wenn es sich um große Gesteinsstücke handelt, bei denen die menschliche Hand den Druck des Gesteinsstückes auf die Schleifplatte fein auszubalanzieren vermag, während die Maschine über solche Feinheiten hinweggleitet.

Bei den Schleifmaschinen werden auswechselbare Scheiben aus Carborundum, Stahl und Glas verwendet, welche motorisch angetrieben um eine senkrechte Achse rotieren. Das zu schleifende Material wird mit zwei Fingern gegen die rotierenden Scheiben gedrückt und längs den Radien der Scheiben hin- und herbewegt, wobei das im Wasser aufgeschlammte Schleifmittel dauernd aus einem Tropfgefäß zufließt. Als Schleif- bzw. Poliermittel wird auch hier Carborundum und Schmirgel, außerdem Diatomeenerde, Englischrot, gemahlener Bimsstein, geschlammte Tonerde u. ä. verwendet, und auch beim maschinellen Schleifen muß bei jedem Wechsel des Schleifmittels der Rest des früheren vom Präparat mit fließendem Wasser sorgfältig abgespült werden. Der Vorteil des Maschinenschleifens liegt in der bedeutend rascheren Herstellung der

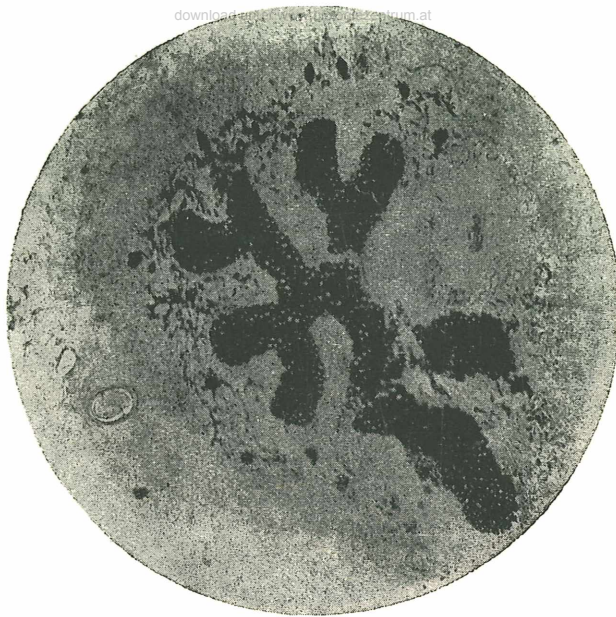


Abb. 1. Asteroxylon Mackiei KIDSTON und LANG (Reihe Psilophytales, Familie Asteroxylaceae). Mittleres Devon, Schottland. Dünnschliff quer. Abbildungsmaßstab 15:1. Originalaufnahme.

In der Mitte des verkieselten Luftsprosses ein sternförmig zerklüfteter Holzkörper mit weitmaschigen Tracheiden des Metaxylems und engmaschigen Tracheiden des Protoxylems (kleine, dunkle Gruppen am Rande der Sternarme).

Schliffe, obwohl es geübten Handschleifern sogar gelingt, zwei Schliffe gleichzeitig, mit jeder Hand einen, herzustellen.

Wie schon erwähnt, sind Schliffe, deren Material vor der Versteinerung bereits durch die Fossilisation inkohlt wurde, in ihrem Gewebebau besonders deutlich und daher mikroskopisch hervorragend gut zu untersuchen, während Materialien, bei denen die natürliche Ausfärbung durch die Inkohlung nicht geschehen ist, in ihrer histologischen Struktur oft recht schwer zu erkennen sind. In solchen Fällen hilft man durch künstliches Ausfärben der Gesteinschliffe nach, indem man die Schliffe in eine Lösung von Methylenblau, Fuchsin, Safranin usw. bringt, dann gründlich nachwäscht und erst nach diesem Färben mit dem Deckglas belegt. Auch sehr dünne Schliffe, die infolge geringer Differenzen der Brechzahlen der versteinerten Gewebelemente im Mikroskop kaum irgendwelche Einzelheiten erkennen lassen, werden zur Verbesserung des Bildes angefärbt. Auch die Verwendung von polarisiertem Licht läßt verborgene Strukturen wie Tüpfel oder Spiralen oft noch deutlich sichtbar werden, da sich diese



Abb. 2. *Ankyropteris scandens* STENZEL (Reihe Filicales, Familie Clepsydaceae) Unteres Perm, Chemnitz. Dünnschliff, quer. Abbildungsmaßstab 15:1. Originalaufnahme.

Verkieseltes Stämmchen mit zentralem Holzkörper, der in die fünf Strahlen des Protoxylems übergeht, um welches die weitmaschigen Tracheiden des Metaxylems gelagert sind. An den markanten Holzkörper schließt sich ein dünner Bastmantel an, welcher sich auch in die Buchten des Holzkörpers erstreckt. Die fünfstrahlige Achse liegt in einem breiten Mantel von Parenchym das von der Außenrinde umschlossen wird.

durch verschiedene optische Orientierungen zu erkennen geben. J. KISSER legt zum besseren Hervorheben der Gewebe die Schriffe in flüssiges Paraffin und erhitzt sie in vier bis fünf Zentimeter Entfernung über dem Bunsenbrenner. Nach einer Minute werden die Schriffe dunkel und die Gewebe treten hervor. Er nennt diese Präparate „Anthrakogramme“.

Echte Versteinerungen kommen bis in die ältesten, pflanzliche Fossilien führenden geologischen Schichten häufig vor. So fand WILLIAM MACKIE in Rhynie in Schottland verkieselte Torfe aus dem Devon, welche über das Leben und die Beschaffenheit der ältesten bekannten Landpflanzen, der Psilophyten, wertvolle Aufschlüsse geben. Aus den Dünnschliffen dieser Pflanzen erkennt man, daß ihre zarten, 20—40 cm langen Stämmchen im Inneren von einem aus Tracheiden aufgebauten Holzkörper durchzogen waren, der entweder eine einfache, kompakte Säule bildete oder aber sternförmig zerklüftet war (Abb. 1). Auch über



Abb. 3.

Psaronius sp. (Reihe Filicales, Familie Marattiaceae). Unteres Perm, Chemnitz.
Dünnschliff, quer. Abbildungsmaßstab 12:1. Originalaufnahme.

Die an sich zarte Achse der Farnbäume wurde durch einen „Wurzelmantel“ beträchtlich vergrößert und gefestigt. Der Wurzelmantel zeigt im Bilde vier Wurzeln mit mehrstrahligem Xylem, welche von einem feinen Saum an Phloem („Bast“) eingeschlossen werden, welches wieder von einer Schicht dickwandiger Sklerenchyms („Steinzellen“) umgeben ist. Die Wurzeln sind durch ein Geflecht vielzelliger Haare zu dem „Pseudoparenchym“ verbunden.

die Versteifung der Tracheiden durch Spiralverdickungen, über die Beschaffenheit der Oberhaut und ihre Spaltöffnungen sowie über Sporenbhälter und Sporen der für die Stammesgeschichte der Pflanzen so bedeutsamen Psilophyten orientieren die Dünnschliffe. Bedenkt man, daß die Psilophyten vom Obersilur bis zur Grenze zwischen Mittel- und Oberdevon vorkamen und ihre Reste demnach ein Alter von mehr als 450 Jahrmillionen aufweisen, so erkennt man erst, wie vorzüglich die Intuskrustation den histologischen Bau zu konservieren vermag. Sehr zahlreiche Intuskrustate liefert die Steinkohlen- oder Karbonzeit. Man stößt da sehr häufig auf die sogenannten Torfdolomiten oder „coal balls“, die sich in Kohlenflözen finden, die von marinen Schichten überlagert sind. Dünnschliffe durch solche Knollen zeigen ein Haufwerk verschiedenartiger Pflanzenreste, wie Zweige, Blätter, Sporenbhälter, Sporen und Wurzeln, deren Gewebbau durch die Versteinerung zumeist vorzüglich

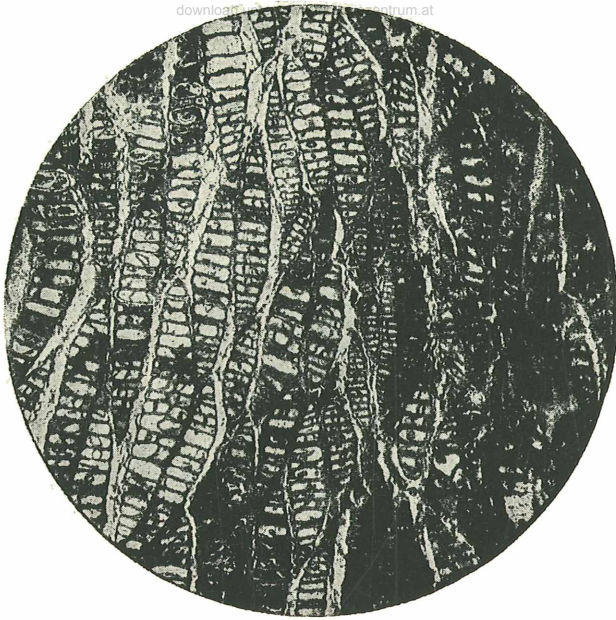


Abb. 4. Bennettites Gibsonianus = Cycadeoidea Gibsoniana CARRUTHERS (Reihe Bennettitales, Gruppe Cycadeoideae). Untere Kreide, Nordamerika. Dünnschliff, quer. Abbildungsmaßstab 600:1. Originalaufnahme.

In der Zone der verkieselten Blattstielbasen bilden dazwischenliegende spindelige Schuppen ein geschlossenes Gewebe. Die Schuppen sind an den Enden 1 Zelle breit, in der Mitte 1 bis 2 Zellen.

konserviert erscheint (Abb. 2). Vermerkt sei noch, daß das Material aus dem Karbon etwa 400 Jahrmillionen alt ist.

Aus der letzten Epoche des geologischen Altertums der Erde, aus dem Perm, liefert z. B. der „versteinerte Wald“ von Chemnitz gut mikroskopierbares Material (Abb. 3).

Aus dem Mittelalter der Erde, aus der Kreide, kennt man aus Nordamerika Verkieselungen in Form länglicher oder kurz knollenförmiger Stämme, deren Gewebebau G. R. WIELAND untersucht hat. Zwischen den Blattfüßen dieser eigenartigen Pflanzen waren die „Blüten“ eingesenkt, die WIELAND den harten verkieselten Stämmen mit einem Diamantbohrer entreißen mußte, um ihren Gewebebau im Dünnschliff studieren zu können. Diese Pflanzen sind als „Palmfarne“ (Cycadeoideae oder Bennettiteae) bekannt (Abb. 4). Diese eigentümlichen Pflanzen, deren Entdeckung für die Wissenschaft eine gleiche Bedeutung hatte wie die des Urvogels (*Archäopteryx lithographica*), weisen in ihren Resten ein Alter von rund 150 Jahrmillionen auf.

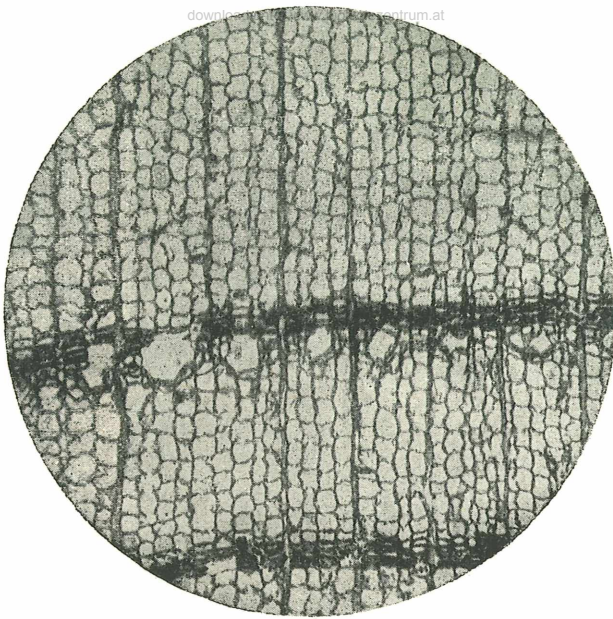


Abb. 5. Taxodioxyton sequoianum GOTHAN (Klasse Coniferae, Familie Cupressaceae). Pliozän, Hausruck in Oberösterreich. Dünnschliff, quer. Abbildungsmaßstab 100:1. Originalaufnahme.

Das verkieselte Holz zeigt die Jahresringe und entlang dieser die Wundharztaschen, ferner die Markstrahlen und die den Holzkörper aufbauenden (quer getroffenen) Tracheiden.

In tertiären Ablagerungen finden sich verkieselte Hölzer oft frei im Boden liegend, z. B. im Waldviertel, im Mühlviertel in Oberösterreich und auch in Wien selbst, wo solche versteinerte Hölzer bei den Grundaushebungen für Bauten oft zutage kommen. Im Braunkohlengebiet des Hausruck ist das Flöz Kaletzberg in Thomasroith bekannt, dessen Abbau auf Braunkohle eingestellt werden mußte, da ungeheure Kieselmassen versteinertes Stämme des Nadelbaumes *Taxodioxyton sequoianum* sowie des Farnes *Osmundites Schemnicensis* Petko zutage traten. Diese Intuskrustate lassen ihren Gewebebau ausgezeichnet erkennen (Abb. 5), da die Tracheidenwände durch die Inkohlung dunkelbraun gefärbt sind, so daß die Tracheiden, die Jahresringe, die Markstrahlen und besonders die für diese Koniferen charakteristischen Wundharztaschen längs der Jahresringe scharf hervortreten.

Berühmt ist ferner der „Versteinerte Wald von Kairo“ mit seinen seltenen Hölzern sowie der „Versteinerte Wald von Arizona“, in welchem letzterem Achate, Chalcedone und andere Quarzabarten herrliche Intus-

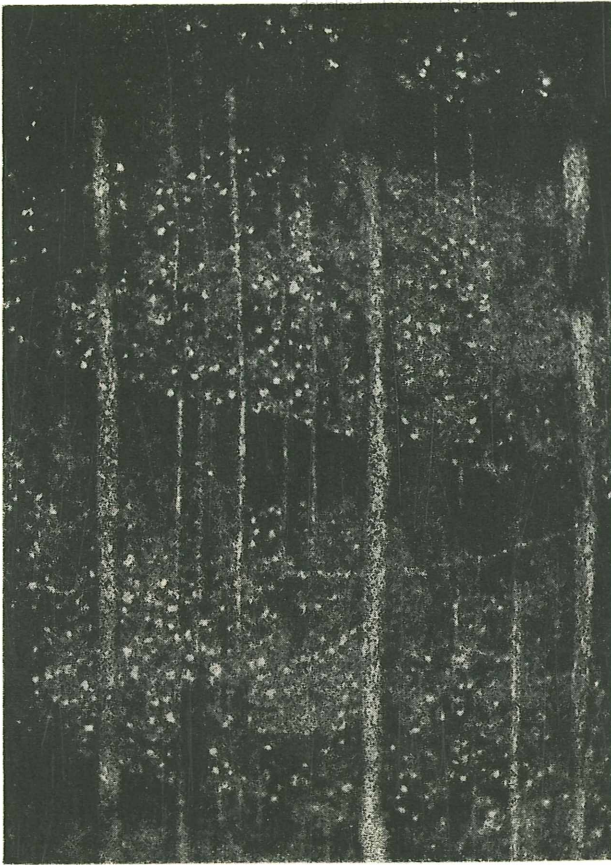


Abb. 6. *Fagoxyloa*
Kräuselii HOF-
MANN (Reihe Fa-
gales, Familie Fa-
gaceae).

Oberes Oligozän,
Prambachkirchen in
Oberösterreich. An-
schliff, quer. Abbil-
dungsmaßstab 20: 1.
Originalaufnahme.

Das phosphatisierte Holz
gleich in seinem Bau
auffällig dem der heute
lebenden Art *Fagus sil-
vatica* („Rotbuche“).
Das zerstreutporige Holz
ist von echten breiten,
neben feineren Mark-
strahlen durchzogen. An
der Schnittgrenze mit
den Jahresringen neh-
men besonders die brei-
ten Markstrahlen in
dieser ihrer Dimension
noch etwas mehr zu.

krustate gestaltet haben. Auch diese aus dem Tertiär stammenden Versteinerungen weisen noch ein ganz beträchtliches Alter auf, nimmt man doch für die Dauer des ganzen Tertiärs 60 Jahrmillionen an.

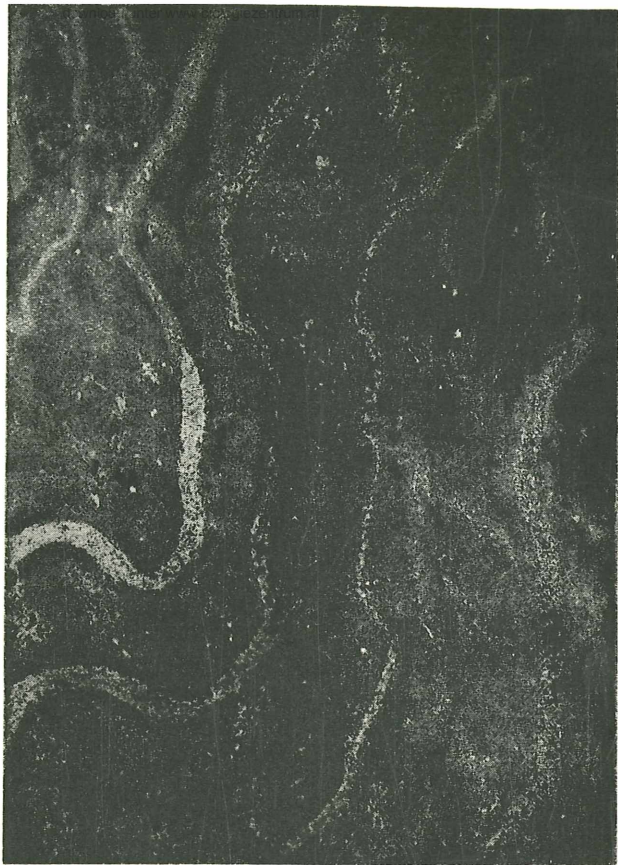
Die eben beschriebenen Dünnschliffe haben ihre Vorteile, aber auch ihre Nachteile. Was die letzteren anlangt, so erfordert das Herstellen eines Dünnschliffes verhältnismäßig viel Zeit, da zwei Flächen zu schleifen und polieren sind und die Dicke des Schliffes immer wieder überprüft werden muß. Und weiters verbrauchen Dünnschliffe verhältnismäßig viel Material, da für jeden Schliff Platten von mehreren Millimeter Dicke aus dem Stein geschnitten werden müssen; an die Herstellung von Reihenschnitten ist also nicht zu denken.

Bedeutend rascher und mit fast keinem Verlust an Untersuchungsmaterial können dagegen paläobotanische Untersuchungen im auffallendem

Abb.7 Quercoxylon prambachense HOFMANN (Reihe Fagales, Familie Fagaceae).

Oberes Oligozän, Prambachkirchen in Oberösterreich. Anschliff, quer. Abbildungsmaßstab 10:1. Originalaufnahme.

Das phosphatisierte Holz zeigt eine sehr starke, durch Gesteinsdruck verursachte Verformung seiner Bauelemente, insbesondere der sehr breiten, echten Markstrahlen, die gefaltet erscheinen. Das deutlich ringporige Holz zeigt die großen Poren des Frühholzes, stellenweise ist auch die durch die Lage der Herbstholzgefäße hervorgerufene flammenartige Zeichnung im Herbstholz sichtbar.



Licht an Anschliffen vorgenommen werden. Das Herstellen einer einzigen Schlißfläche an einem beliebig dicken Stück erfordert natürlich nur sehr wenig Zeit, zumal die Dicke des Präparates keine Rolle spielt. Auch kann man durch wiederholtes Neuschleifen um kleinste Bruchteile eines Millimeters immer tiefere Schichten sichtbar machen und so wie bei einem Reihenschnitt den Verlauf von Gefäßen in die Tiefe des Gewebes verfolgen.

Anschliffe können ganz ebenso wie Dünnschliffe sowohl mit der Hand als auch mit der Schleifmaschine hergestellt werden, wobei die Technik des Schleifens und Polierens ungefähr die gleiche wie beim Dünnschliff ist. Der Rohschliff erfolgt auf einer groben, naßgehaltenen Carborundumscheibe, der Feinschliff auf einer mit Tuch bespannten Stahlscheibe mit feinstem geschlämmten Schmirgel, zuletzt auf einer Mattglasscheibe. Jedenfalls müssen die Proben nach Beendigung des Schleifens unter der Lupe

eine völlig glatte, kratzerfreie Fläche zeigen, fast als wären sie schon poliert. Zum Polieren selbst verwendet man Aluminiumoxyd, Chromoxyd, Magnesiumoxyd oder Eisenoxyd („Polierrot“), letzteres besonders für härtere Materialien, wie Pyrit, Quarz und Roteisenerz.

Zur Untersuchung der Anschliffe ist allerdings ein besonderes Mikroskop mit Einrichtung für auffallendes Licht notwendig. Die bekannten Auflichtmikroskope mit einer Beleuchtung, bei welcher das Licht durch das Objektiv hindurch zur Beleuchtung auf das Präparat geführt wird, sind aber für die Untersuchung von Versteinerungen minder brauchbar, höchstens in dem Falle, daß das Material vollkommen opak, z. B. Pyrit, ist. Die bei den Metallmikroskopen verwendete sogenannte „Senkrechte Innenbeleuchtung“ läßt nämlich nur den Unterschied zwischen gänzlich spiegelpolierten Flächen und rauhen Oberflächengebieten erkennen. Es handelt sich also um eine reine Oberflächenuntersuchung, wie sie bei Metallen, in welche das Licht praktisch nicht eindringen kann, durchaus zweckmäßig ist. Bei den paläobotanischen Schliffen handelt es sich dagegen in der Überzahl aller Fälle um echte Versteinerungen, also um ein wenigstens in dünnen Schichten durchscheinendes Material, das die zu untersuchenden pflanzlichen Gewebe erfüllt. Solches Material muß im Mikroskop mit einer Beleuchtung untersucht werden, bei welcher nicht das an der Schliffoberfläche „gerichtet reflektierte“ Licht zur Beobachtung kommt, sondern nur jenes, welches an der Oberfläche des Präparates „diffus gestreut“ wird, und welches in unter der Oberfläche liegenden Materialgebieten reflektiert wird. Diese Art der Untersuchung erfolgt mit eigenen Mikroskopobjektiven, welche um ihre Linsen herum ringförmige Beleuchtungskondensoren tragen, welche die sogenannte „Flachschräge Außenbeleuchtung“ bewirken. Bezüglich der Einzelheiten über die Auflichtmikroskopie von mineralischen, paläobotanischen und paläozoologischen Objekten kann hier Näheres mit Rücksicht auf den beschränkten Raum nicht ausgeführt werden, sondern es muß auf die diesbezüglichen Lehrbücher und vor allem auf die einschlägigen Veröffentlichungen der Erzeugerfirmen solcher Mikroskope verwiesen werden. Nur so viel sei bemerkt, daß der Erfolg bei der Untersuchung von Anschliffen mindestens ebenso von der Richtigkeit der Beleuchtung wie von der Güte des Mikroskopes abhängt und daß bei unrichtiger Lichtführung auch das beste Mikroskop restlos versagt.

Für die Untersuchung von Anschliffen ist es natürlich notwendig, daß die Schlifffläche genau senkrecht zur optischen Achse des Mikroskops ausgerichtet ist. Zur Untersuchung mit einem gewöhnlichen, sogenannten „aufrechten“ Mikroskop wird dazu der Schliff mit Plastilin auf einen Objektträger aufge kittet und seine Oberfläche mit einer eigenen Parallelpresse parallel zu der als Auflage dienenden Unterseite des Objektträgers orientiert. Wesentlich bequemer ist die Arbeit mit den modernen Auflichtmikroskopen, welche durchwegs als sogenannte „Gestürzte Mikroskope“ gebaut werden. Bei dieser Type befindet sich der Tisch oberhalb des

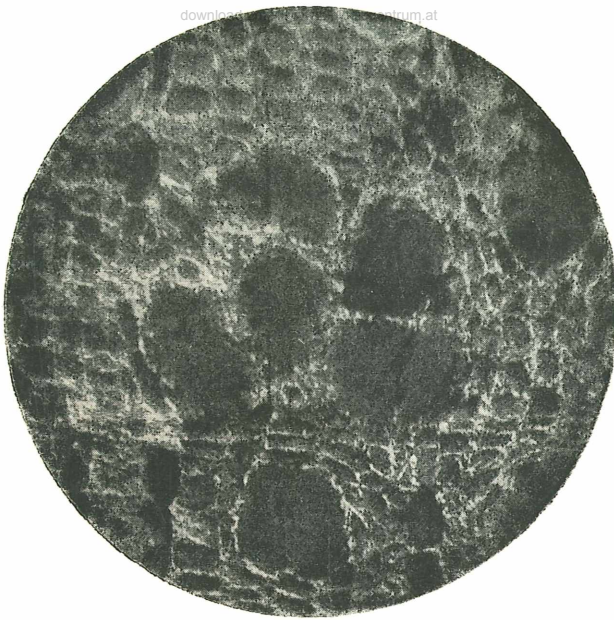


Abb. 8. Alnoxyylon sp. (Reihe Fagales, Familie Betulaceae). Miozän, Seegraben bei Leoben, Steiermark Anschliff, quer. Abbildungsmaßstab 600:1. Originalaufnahme. Das pyritisierte (verkieste) Holz zeigt weite Frühholzgefäße, einen unechten breiten Markstrahl und einen Jahresring, sowie Holzfasern und Parenchymzellen.

Mikroskopes, und es genügt daher, das Objekt einfach mit seiner Schlifffläche von oben her auf den Tisch zu legen, wodurch es schon automatisch zur optischen Achse des Mikroskopes richtig liegt. Die zu dieser Arbeit gehörigen Mikrophotographien nach Anschliffpräparaten (Abb. 6 bis 9) wurden mit dem Universal-Kameramikroskop „Me F“ der optischen Werke C. REICHERT, Wien, ausgeführt.

So bringt die Abb. 6 einen Querschliff eines phosphatisierten Buchenholzes, *Fagoxyylon Kräuseli* Hofmann aus dem Oligozän von Prambackkirchen in Oberösterreich, der einzigen Lagerstätte von Phosphorit in Österreich. Im Gegensatz zu diesem zerstreutporigen Holz zeigt Abb. 7 den Querschliff des einporigen Holzes einer fossilen Eiche, *Quercocoxylon prambachense* Hofmann. In Abb. 8 ist der Querschliff durch ein pyritisiertes Holz aus dem Miozän von Seegraben bei Leoben wiedergegeben; es handelt sich dabei um einen nahen Verwandten der heutigen Erle.

Die paläobotanischen Präparate müssen, um Gattung und Art bestimmen zu können, mit rezentem Material verglichen werden. Dazu ist bei Hölzern die Anfertigung von insgesamt drei Schnitten, bzw. drei Anschliffen, nämlich quer, radial und tangential, notwendig. Steht kein rezentem Ver-

gleichsholz zur Verfügung, so muß auf Grund der genannten drei Untersuchungsflächen eine möglichst genaue, gut illustrierte Beschreibung abgefaßt werden, damit entweder späterhin eine Identifizierung nach Vergleichsmaterial möglich ist, oder aber eine neue fossile Art beschrieben werden kann. Es ist dabei wichtig, besonders auf eine Reihe bestimmter Merkmale des mikroskopischen Holzbaues zu achten, die nach internationalen Vereinbarungen als für jede Holzbestimmung unerlässlich angesehen werden und die besonders von den amerikanischen Holzforschern herausgearbeitet und in ihrer Zeitschrift „Tropical woods“ veröffentlicht worden sind.

Die für Intuskrustate verwendeten Methoden der Dünn- und Anschliffe werden auch für die Kohlenuntersuchung herangezogen. Dabei hat man allerdings die Erfahrung gemacht, daß es sehr schwierig ist, von Kohlen Dünnschliffe herzustellen, da dies häufig an der Brüchigkeit der Kohle scheitert. Die Herstellung von Dünnschliffen von Kohlen wird etwas erleichtert, wenn man diese vor dem Schleifen mit einem Kittmittel trinkt; Anthrazite lassen sich überhaupt nicht dünn schleifen. Dagegen gelingt die Herstellung von Anschliffen von Kohlen wesentlich leichter. Das Schleifen erfolgt am besten auf mit Billardtuch bespannten Glasplatten mit aufgeschlämmter Tonerde, während das Polieren auf ebensolchen Platten mit Zinnoxid durchgeführt wird.

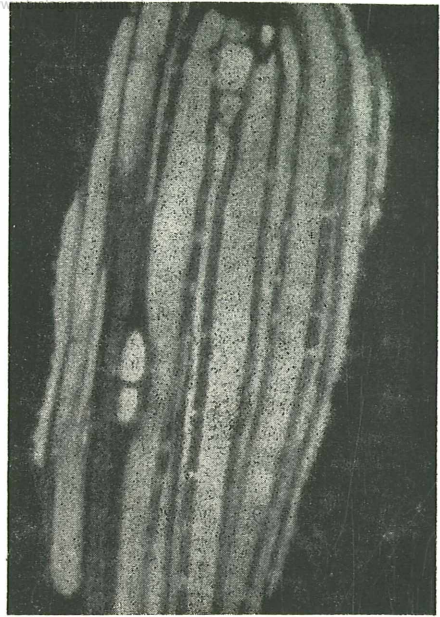
Während Dünn- und Anschliffe von Versteinerungen ein mikroskopisches Bild liefern, nicht unähnlich dem eines Schnittes durch frisches Pflanzenmaterial, bieten die Kohlenanschliffe ein ganz ungewohntes Bild. Sie zeigen in einer mehr oder weniger homogenen schwarzen Masse große Mengen kleiner und kleinster Pflanzenteile, wie Sporen, Kutikulen (es sind dies über der Epidermis liegende, durch Kutineinlagerung gegen den Fossilisationsprozeß sehr widerstandsfähige Blatthäutchen), ferner Blatteilchen, Holzsplitter und Pollen- und Pilzsklerotien, die gleich den Sporen und Kutikulen zu den besonders resistenten Pflanzenresten gehören,

Abb. 9 zeigt einen Anschliff von Hausrucker Braunkohle. Es handelt sich hier um einen mikroskopisch kleinen Holzsplitter einer Konifere, welche in die homogene Kohlenmasse eingebettet ist. Das Holzgewebe ist im Tangentialschnitt getroffen und erscheint im Bild hell. Die Längstracheiden mit den tangential geschnittenen Hoftüpfeln an den Wänden, ferner die beiden Markstrahlspindeln sind von einer gelben, bernsteinähnlichen Masse erfüllt, welche die helle Färbung bewirkt. Vermutlich dürfte es sich tatsächlich um ein fossiles Harz handeln, da die harzreichen Nadelhölzer gerade ihrem Harzgehalt die gute Konservierung in der Braunkohle verdanken. Das leuchtende, stellenweise ins Bläulichgrüne schimmernde Gelb der Tracheiden dieses Präparates lieferte neben dem tiefen Schwarz der Kohlengrundmasse auch ein ästhetisch sehr effektvolles Bild.

Um bei seltenen kostbaren Gesteinen jeden Materialverlust zu vermeiden, wurde eine sehr sinnreiche Methode ausgearbeitet, welche besonders für die mikroskopische Untersuchung von Steinkohlen und Torfdolomiten

Abb. 9. Taxodioxylon sequoianum GOTHAN (Klasse Coniferae, Familie Cupressaceae) Anschliff, tangential. Pliozän, Amplwang im Hausruck in Oberösterreich. Abbildungsmaßstab 500:1. Originalaufnahme.

In der Moorkohle ist ein Holzsplinter tangential getroffen. Zwei einreihige Markstrahlspindeln sowie die tangential angeschnittenen Hoftüpfel und Längstracheiden sind deutlich wahrnehmbar. Die Tracheiden sind durch einen Harzeinschluß (Bernstein) hell gefärbt und leuchten stellenweise bläulich-grün auf.



erfolgreich verwendet wurde und die leichte Herstellung von Serienpräparaten ermöglicht. Das Verfahren ist von englischen und holländischen Forschern in die Paläobotanik eingeführt worden und wird als „Peel-Method“ bezeichnet.

Die Herstellung eines Präparates nach der Peel-Methode erfolgt in folgender Weise: Zuerst wird an der Kohlenprobe oder an dem Torfdolomit eine Anschlifffläche hergestellt, diese dann mit konzentrierter Salzsäure bestrichen und das Stück an einem staubfreien Ort zum Trocknen gestellt. Nach dem Trocknen wird der Anschliff mit einer hochviskosen Lösung von Zelluloid und Amylzetat¹⁾ betropft und die Lösung durch Drehen und Wenden der Probe möglichst gleichmäßig und nicht zu dünn auf der Schlißfläche verteilt. Nach dem Übergießen des Anschliffes wird das Probestück zum Trocknen weggestellt. Dabei ist darauf zu achten, daß die Schlißfläche genau horizontal liegt, damit die Zelluloidlösung nicht abfließen kann. Nun läßt man die aufgegossene Zelluloidlösung zu einem dünnen Film eintrocknen, was in 2—3 Tagen geschehen ist. Mit einem Taschenmesser löst man dann am Rande des Anschliffes den zarten Film vorsichtig los, der sich wie ein dünnes Blättchen abheben läßt. Der Film wird einfach trocken zwischen zwei dünne

¹⁾ Zur Herstellung der syrupdicken Lösung wird Zelluloid in Amylzetat in einem Kochkolben mit Rückflußkühler auf dem Wasserbad vorsichtig aufgekocht und gelöst.

Glasplatten gelegt und so mikroskopiert. Schon mit freiem Auge sind in dem Film Kohleneinschlüsse sichtbar, welche im Mikroskop wie die Gewebe eines Dünnschliffes aussehen (Abb. 10). Dieses Abdruckbild auf dem Film kommt in folgender Weise zustande: Durch die Salzsäure wurden Teile der Kalkverbindung des Dolomitknollens gelöst, so daß die unlösliche Kohle reliefartig hervorragt. Dieses feine Kohlenrelief bleibt nun in der viskosen Flüssigkeit kleben und wird, wenn der Film getrocknet ist, mitgerissen. Durch Wiederholung des Vorganges kann man wie mit einem Mikrotom eine Art Serienschnitte herstellen, welche bei äußerster Materialersparnis immer tiefere Ebenen für die mikroskopische Untersuchung freilegen.

Wie man die Anschliffe für die eben besprochene Peelmethode mit Salzsäure ätzt, so kann man überhaupt Ätzanschliffe herstellen, um die Strukturen auf dem Anschliff besser sichtbar zu machen. Dazu werden die polierten Anschliffe geätzt, und zwar vererzte Fossilien mit Salpetersäure oder einem Gemisch von Chromsäure und Schwefelsäure, kalkhaltige Gesteine mit Salzsäure und verkieseltes Material mit Flußsäure. In ähnlicher Weise können auch Ätzanschliffe von Kohlen angefertigt werden, indem man diese mit SCHULZE'schem Reagens (Salpetersäure und Kaliumchlorat), mit Chromsäure oder mit Diaphanol anätzt.

Bei vererzten Intuskrustaten ergibt sich infolge des stärkeren Hervortretens der harten Zellwände gegenüber dem weichen Zellinhalt oft ein Relief der pflanzlichen Struktur. Das hat man sich bei Herstellung von sogenannten Reliefschliffen zunutze gemacht. Sie werden mit Zinnoxid, Tonerde oder Polierrot auf ruhender, mit Tuch bespannter Glasscheibe angefertigt. Auch Steinkohlen lassen die Anfertigung solcher Reliefschliffe zu, die anfangs mit feinem und feinstem Carborundum begonnen werden, um dann auf der mit Tuch bespannten Scheibe mit Zinnoxid oder noch besser mit feinen aufgeschlämmten Tonerden poliert zu werden. Solche Reliefschliffe von Steinkohlen können bei einiger Übung und griffbereiter Apparatur in etwa einer Viertelstunde fertig sein. Sie geben außer vielen Einzelheiten, wie Sporen und Kutikulen, ein Gesamtbild über die Zusammensetzung der Steinkohle, was für deren Verwendung von ausschlaggebender Bedeutung ist und vor kostspieligen Fehlern bewahrt.

Klare und eindeutige Präparate liefern die Spodogramme von Kohlen. Dazu werden die Kohlenanschliffe mit dem Lötrohr bei Rotglut verascht. Durch verschieden starke Oxydation treten in dem feinen Aschenhäutchen die einzelnen, für die technische Verwertung der Kohle wichtigen Bestandteile hervor, eine Methode, die H. G. TURNER hauptsächlich für Anthrazite ausgearbeitet hat.

Die obigen Ausführungen über die Anfertigung von verschiedenartigen Anschliffen haben uns in ein ganz modernes und für die Volkswirtschaft jedes Landes überaus wichtiges Gebiet, nämlich in die Kohlenpetrographie, geführt, deren wissenschaftliche Erkenntnisse die Grundlage für eine rationelle und praktische Verwendung der Stein- und Braunkohlen ergeben.

Wir wissen heute, daß sowohl die Steinkohle als auch die Braunkohle

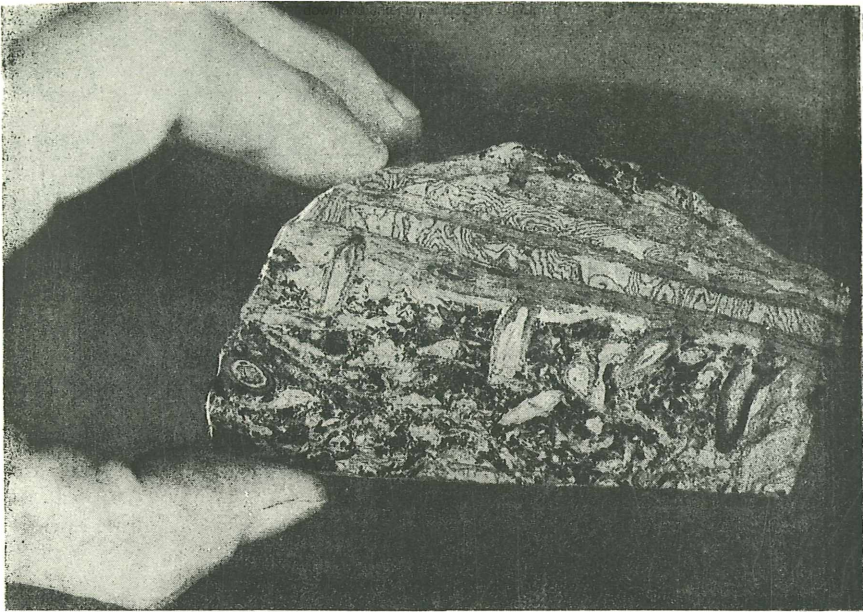


Abb. 10. Film von einem Dolomitknollen nach dem Peel-Verfahren gewonnen. Etwa natürliche Größe. Originalaufnahme.

hauptsächlich aus drei Gefügebestandteilen aufgebaut sind, aus dem Vitrit (Glanzkohle), dem Durit (Mattkohle) und dem Fusit (Faserkohle).

Der dem freien Auge in Form von glänzenden Streifen oder Linsen in der Kohle kenntliche **V i t r i t** setzt sich hauptsächlich aus Resten von Hölzern und Rinden sowie von Korkgewebe, ferner aus Sporenblättern (Sporophyllen), Sporen und Annulusbändern von solchen zusammen. Auch Harzeinlagerungen und einzelne Harzkörner sowie Dauerformen von Pilzen, sogenannte Sklerotien, wurden in verschiedenen Anschliffen vitritischer Kohle gefunden. Solche Kohlen liefern infolge ihres mittleren Heizwertes und ihres mittleren Gas- und Teergehaltes in erster Linie vorzüglichen Koks.

Die dem Auge mehr oder weniger matt erscheinenden Streifen der Kohle sind der **D u r i t**. Steinkohlendurit besteht der Hauptsache nach aus Mikro- und Megasporen einstiger Steinkohlenpflanzen, aber auch aus Kutikulen, Harzkörpern, Pilzsklerotien und Algen. Sporen und Kutikulen zeigen in den Kohlenschliffen zumeist Faltungen, wobei an den Kutikulen häufig zahnartige Vorsprünge, die Kutikularleisten, erkennbar sind. Braunkohlendurite lassen Pollen, Holzreste, Kutikulen, Korkgewebe, Sklerotien u. dgl. erkennen. Infolge des hohen Gehaltes an wasserstoffreichen Bitumenkörpern liefert der Durit vor allem eine sehr gute Ausbeute an Gas und Teer.

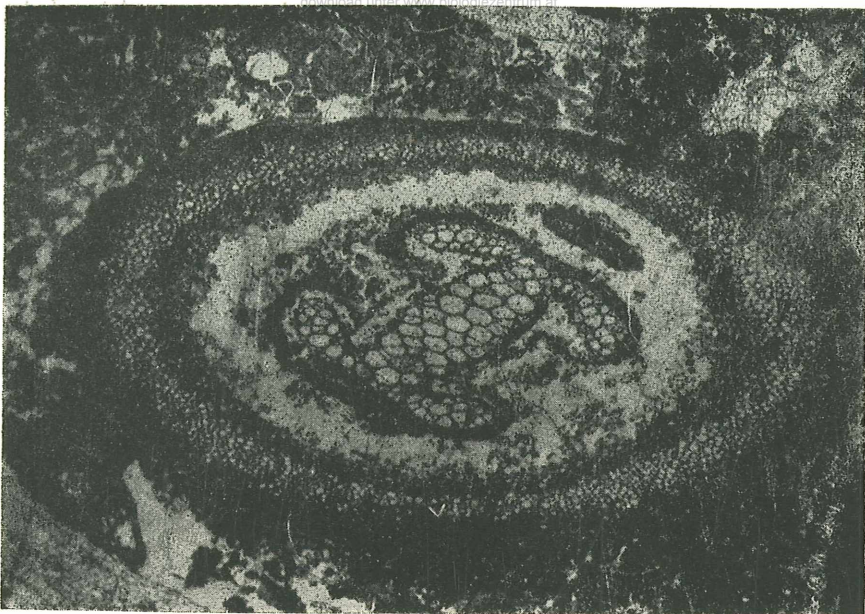


Abb. 11. Etapteris Scotti P. BERTRAND (Reihe Filicales, Familie Etapteridaceae). Peel-Film (die in Abb. 11 dargestellte Stelle ist in Abb. 10 links unten als kleine Ellipse sichtbar). Unteres Karbon, England. Abbildungsmaßstab 12,5:1. Originalaufnahme.

Die Hauptachse zeigt einen im Querschnitt „H“-förmigen Holzkörper; der teilweise zerstörte Bastmantel besteht aus sehr kleinen Zellen. Rechts oberhalb vom Holzkörper liegt innerhalb des gemeinsamen fast durchwegs zerstörten Parenchyms das schmale Bündel einer Fieder 1. Ordnung. Die Hauptachse und das Fiederbündel sind von gut erhaltener Rinde mit deutlich sichtbaren Zellen umgeben.

Der dritte Bestandteil der Kohle ist der Fusit, in der Literatur als „Faserkohle“ oder „fossile Holzkohle“ bekannt. Er glänzt meist seidenartig; ist sehr brüchig und stark abfärbend. Seine Entstehung wird nach der herrschenden Lehrmeinung auf Waldbrände infolge Blitzschlag, glühende vulkanische Asche oder Meteoriten zurückgeführt, womit die Entstehung ganzer Brandlagen in den Braunkohlenflötzen in ursächlichem Zusammenhang steht. Solche Brandlagen konnte ich in den Flötzen des Hausruckes in Oberösterreich an zahlreichen Stellen und viele Meter entlang feststellen, sie werden dort als „Brandläge“ bezeichnet. Ihrer Entstehung nach lassen die Fusite an Anschliffen die Holzstruktur vorzüglich erkennen, zumal bei starken Vergrößerungen unter Verwendung von Ölimmersions-Objektiven und geben so ausgezeichnete Bilder des Gewebebaues der wichtigsten Braunkohlenbildner, wie des Nadelholzes *Taxodioxylon sequoianum* u. a. m. Karbonische Fusite zeigen vornehmlich Reste von Cordaitenhölzern, von jenen schlanken,

hohen Bäumen des Karbonwaldes, die durch ihre bandförmigen Blätter charakterisiert waren. Der Fusit ist fast reiner Kohlenstoff und daher ein ganz hochwertiges Brennmaterial.

Wie eben angedeutet, ermöglicht die Kohlenpetrographie durch die Feststellung der Gefügebestandteile, des Vitrit, Durit und Fusit, und die Bestimmung des prozentuellen Anteiles daran, die Beurteilung des besten Verwendungszweckes der Kohle, ob zur Verkokung geeignet, zur Erzeugung von Gas und Teer oder als Heizmaterial. Die Braunkohle wird vielfach zur Herstellung der bekannten „Braunkohlenbriketts“ verwendet. Diesbezüglich werden die Kohlen in verschiedene Güteklassen eingeteilt und die Kohlenpetrographie wird nach dem mikroskopischen Befund die Brikettierfähigkeit festzustellen haben, um so kostspielige Mißerfolge zu vermeiden. Auch für die anderen Verwendungsarten der Braunkohle, wie für kalorische Elektrizitätswerke, für die Herstellung von Paraffin, Benzin und Gasöl, für die „Kohleverflüssigung“ zu synthetischen Treibstoffen und für die „Kohlevergasung“ zu Heiz- und Motorgas, spielt die Kohlenpetrographie eine gewichtige Rolle.

Österreich hat zahlreiche Braunkohlenlager sowohl am Rande der Alpen, zumeist Moorkohle oder schieferige Weichbraunkohle, als auch im inneralpinen Wiener Becken, im Hausruck in Oberösterreich und in der Grazer Bucht. Zu erwähnen ist ferner die Glanzkohle von Stanzendorf und von Wies-Eibiswald, Parschlug, Häring, Leoben und Fohnsdorf, die Mattbraunkohle aus dem Lavanttal und von Göriach in Kärnten und schließlich die Moorkohle von Ratten in Steiermark, Hart bei Gloggnitz und aus anderen kleineren Revieren. Die Kohlenpetrographie ist also ein für Österreich sehr wichtiges Forschungsgebiet, das der richtigen Verwertung unserer heimischen Kohlenvorräte dient.

Literatur

1. *Gothan W.* und *Potonie H.*, Lehrbuch der Paläobotanik. Berlin, 1921.
2. *Hofmann E.*, Paläohistologie der Pflanze Wien, 1934.
3. — Pflanzenreste aus dem Phosphoritvorkommen von Prambachkirchen. (Paläontographica, 88, Abt. b, 1944, Stuttgart.)
4. *Jurasky K. A.*, Kohle. Berlin, 1940.
5. *Kisser J.*, The preparation of anthracograms from thin sections of fossil plants. (Journal of Indian Bot. Soc. 10, 1931. H. I.)
6. *Koopmans R. G.*, Celluloidpräparat anstatt Dünnschliff. Jaarverslag, Heerlen, 1928.
7. *Kräusel R.*, Paläobotanische Untersuchungsmethoden. Jena, 1929.
8. *Stach E.*, Kohlenpetrographisches Praktikum. Berlin, 1928.
9. — Lehrbuch der Kohlenpetrographie. Berlin, 1935.
10. *Potonie R.*, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin, 1924.
11. *Walton J.*, On a new method of investigating fossil plant impressions or incrustations. Ann. of Bot. Vol. 37, 1923.
12. *Witham of Lartington*, Observations of fossil vegetables. London, 1831.
13. — Internal structure of fossil vegetables etc. Edinburgh, 1833.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1946/1947

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Hofmann Elise [Elisabeth]

Artikel/Article: [Fossile Pflanzen unter dem Mikroskop. 78-95](#)