

# Die Korrosion des Pollens.

Von  
F. Kirchheimer.

(Mit Tafel VIII und IX und 5 Abbildungen im Text.)

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einführung . . . . .	398
I. Die Korrosion fossilen Pollens . . . . .	399
a) morphologische Veränderungen . . . . .	399
b) chemische Veränderungen . . . . .	401
II. Die Korrosion rezenten Pollens . . . . .	402
a) morphologisch-strukturelle Veränderungen . . . . .	403
b) chemische Veränderungen . . . . .	406
III. Ursachen der Pollenkorrosion . . . . .	407
a) physikalisch-chemische Faktoren . . . . .	407
b) biologische Faktoren . . . . .	409
IV. Korrosion und pollenanalytische Methode . . . . .	410
Zusammenfassung . . . . .	413
Schriftenverzeichnis . . . . .	414
Erklärung der Tafeln VIII und IX . . . . .	415

## Einführung.

Die Exine des Pollens gehört zu den widerstandsfähigsten pflanzlichen Stoffen. Doch ist ihre von Zetzsche nebst Schülern chemisch untersuchte Substanz (Pollenin) durchaus nicht unvergänglich. An den Pollenexinen der deutschen Weichbraunkohlen habe ich mitunter tiefgreifende morphologische Veränderungen wahrgenommen. Besonders deutliche strukturelle Beeinflussung tritt als Korrosion in Erscheinung und wurde von mir als Schädigung betrachtet, die auf einer chemischen Veränderung der Exine beruht. Für diese Anschauung fehlten bislang die Beweise, sie sind aber durch die hier ausgewertete experimentelle Erzeugung der Pollenkorrosion unter Berücksichtigung natürlicher Verhältnisse erbracht.

Beabsichtigt wird die bereits vor längerer Zeit angekündigte Klärung des Korrosionsproblems, aus der sich die Stellungnahme zu einer strittigen methodischen Frage der pollenanalytischen

Braunkohlenforschung ergibt. Von den Veränderungen des Pollens durch die Metamorphose der Braunkohle sei abgesehen, um einer größeren Abhandlung Zetzsches nicht vorzugreifen.

Das Wesen der Pollenkorrosion hat den Verfasser in mehrjähriger Zusammenarbeit mit Herrn Zetzsche, Bern, beschäftigt. Ferner überließen Frl. Liechti, Bern, und Herr Ziegler, Bern, chemische Befunde, die anderwärts ausführlicher mitgeteilt und begründet werden. Die Optischen Werke Leitz, Wetzlar, stellten eine mikrophotographische Einrichtung sowie verschiedene Nebenapparate zur Verfügung und ermöglichten die uneingeschränkte Fortsetzung meiner Untersuchungen.

## I.

### Die Korrosion fossilen Pollens.

Korrodiertes Pollen wurde zuerst in manchen postglazialen Ablagerungen beobachtet. Man fand die Bestimmung des Waldbaumpollens sehr erschwert, auch hat gelegentlich seine schlechte Erhaltung die vollständige Analyse der Profile verhindert. Es fehlen aber nähere Untersuchungen über die Korrosion des Torfpollens, der meist keine große Bedeutung zugemessen wurde<sup>1)</sup>. Meine Schilderung der Korrosion des Pollens tertiärer Braunkohlen bedarf nur in wenigen Punkten einer Ergänzung. Korrodiertes Pollen ist in allen Braunkohlen mehr oder weniger häufig anzutreffen und bildet einen wesentlichen Bestandteil der genetisch den Schwelkohlen entsprechenden Pollenbraunkohle (vgl. Kirchheimer 1933 a, S. 82). Stets zeigen sich die Schädigungserscheinungen in ungleich starkem Maße. Neben wenig angegriffenen bis völlig destruierten Exinen finden sich relativ gut erhaltene Individuen. Die großen Pinaceen-Pollenkörner der Pollenbraunkohlen sind meist erheblich geschädigt, obwohl ihre Membran nach Zetzsche (1932, S. 213) besonders reich an dem stabilen Pollenin ist.

#### a) morphologische Veränderungen.

Die Korrosion betrachte ich als morphologische Äußerung eines fortschreitenden Zerstörungsvorganges, der von den durch ungeeignete Aufbereitung des Pollenträgers bedingten Veränderungen zu trennen ist (vgl. S. 401). Es ergeben sich verschiedene Erhaltungszustände der Exine, sie gewinnt schließlich das Aussehen der nichtfigurierten bituminösen Komponenten der Braunkohle.

Tafel VIII, Fig. 1 a—c, zeigt die Korrosion des Pinaceen-Pollens. Die Exine wird stellenweise angefressen, durch Zerstörung umschriebener Teile zerfallen die Körner, an den Teilstücken wiederholt sich der Vorgang bis zu ihrer völligen Destruktion (vgl. Kirchheimer 1931, S. 129).

Tafel VIII, Fig. 2 a—c, veranschaulicht die fortschreitende Zerstörung eines Angiospermen-Pollens. Als erstes Anzeichen der Korrosion ist leichte Deformation zu bemerken, der Lamellierung folgend zerfällt die Exine. Unter starker Ver-

<sup>1)</sup> Doch bezeichnet Erdtmann (1923, S. 37) die Übung in der Bestimmung korrodierten Pollens als eine der Voraussetzungen pollenanalytischer Betätigung.

formung des Pollenkorns löst sich eine innere Exinelage von der sehr dünnen Außenlamelle, die als hyalines Häutchen erhalten bleibt und mitunter weitere Schädigungsstrukturen zeigt (vgl. Kirchheimer 1934 a, S. 21).

Das Aussehen des korrodierten Pollens richtet sich nach der ursprünglichen Beschaffenheit. Daher kann die Beschreibung nicht allen Einzelheiten folgen und entwirft nur ein ungefähres Bild der Veränderungen. Der Pinaceen-Pollen unterliegt einem von den meisten Angiospermen-Pollenkörnern abweichenden Korrosionsverlauf, da seine Exine in geringerem Maße lamellär differenziert ist und mehr Pollenin enthält.

Als weitere Erscheinungsweise der Pollenschädigung habe ich die besonders an Pinaceen-Exinen auftretende Desorganisation betrachtet. Derartiger Pollen zeigt feine Granularstruktur, die an seine Exine gebunden ist und auch ihr aufgelagerten Massen zukommt. Der Pollen wird von der bräunlich durchscheinenden Substanz eingehüllt und bildet mitunter größere Aggregate (vgl. Tafel VIII, Fig. 3). Die Körnchen widerstehen einer Behandlung mit KOH und HNO<sub>3</sub>, durch Bromnitrierung (vgl. Zetzsche und Kälin 1932 b, S. 345) werden sie aufgeheilt.

Über die petrographisch-chemische Zugehörigkeit dieser körnigen Massen sollen demnächst ausführliche Mitteilungen erfolgen. In struktureller Hinsicht besteht geringe Ähnlichkeit mit den an karbonische Mikrosporen gebundenen „Opakflocken“ (vgl. Stach 1932, S. 21), die jedoch HNO<sub>3</sub>-löslich sind und von Zetzsche als hochinkohlt aufgefaßt werden. Der chemische Befund spricht vielmehr für den bituminösen Charakter der Desorganisationsprodukte und Zetzsche ist geneigt, sie als hochoxydierte Abkömmlinge der Exinen zu betrachten. Bei der Benzolextraktion der Wetterauer Hauptbraunkohle geht ein ansehnlicher Teil des desorganisierten Pollens in Lösung (vgl. Kirchheimer 1934 a, S. 16).

Dolgnier (1932, S. 261) hat das Verhalten der figurierten Kohlebestandteile bei der Benzolextraktion untersucht. Nach seiner Ansicht wird der Braunkohlenpollen selbst von druckerhitztem Benzol nicht beeinflusst und liefert kein Extraktbitumen. Dolgnier (1932, S. 278) hat auch Saarauer Pollenbraunkohle studiert, die Pollenexinen sollen nicht zersetzt sein und auch die Extraktion durchweg gut überstehen. Dagegen haben Zetzsche und ich festgestellt, daß der Pollen dieses Vorkommens chemisch sowie morphologisch weitgehend verändert ist (vgl. S. 401). Dieser Befund veranlaßt mich, die Dolgnierschen Angaben über den Erhaltungszustand des Pollens der Braunkohlen für nachprüfungsbedürftig zu halten.

Die Exinen der Wetterauer Pollenbraunkohle zeigen die gleiche chemisch-morphologische Beschaffenheit (vgl. S. 401) wie der Saarauer Pollen und werden selbst durch die Benzolextraktion unter Normaldruck teilweise gelöst. Insbesondere gilt dies für den desorganisierten Pollen sowie die kleinen Teilstücke korrodierter Exinen, der spärliche Restpollen zeigt vorwiegend hyalines Aussehen (vgl. Tafel VIII, Fig. 4 x). Das Extraktbitumen geht offenbar auf die oxydierte Exinensubstanz zurück, so sind die hochoxydierten Desorganisationsprodukte besonders leicht löslich (vgl. oben). Weitere Untersuchungen müssen nachprüfen, ob nicht ganz allgemein ein Teil des Extraktbitumens des Durits aus depolymerisiertem Pollenin stammt.

## b) chemische Veränderungen.

Die chemische Beschaffenheit des korrodierten Braunkohlenpollens haben Zetzsche und Ziegler an bereits morphologisch ausgewertetem Material untersucht. Es lagen mir durch Alkali-Extraktion der Kohle gewonnene Proben vor sowie der nach dem Brom-Nitro-Verfahren von Zetzsche und Kälin (1932 b, S. 345) isolierte Pollen. Beide Präparate zeigen Exinen gleichen Erhaltungszustandes, somit dürften die auf S. 399 mitgeteilten Korrosionserscheinungen nicht von der Aufbereitung beeinflusst sein und als Primärschädigungen gelten.

Hauptbraunkohle der Wetterau, Bohrung 157 und 526 (vgl. Kirchheimer 1931 a, S. 126; 1934 a, S. 18). Es handelt sich um eine während der Bildungszeit des Flözes entstandene Schwelkohle mit etwa 14% Pollenin, die daher als Pollenbraunkohle bezeichnet wurde. Sie führt vorwiegend stark geschädigten Pinaceen-Pollen (u. a. *Pinus*, *Picea*, *Tsuga*); der Angiospermenpollen (u. a. *Betula*, *Corylus*, *Nyssa*, *Ericaceae*) ist mitunter besser erhalten (hierzu vgl. Tafel VIII, Fig. 4). Das Pollenin der Wetterauer Hauptbraunkohle ist gegenüber der Exinensubstanz des rezenten Pollens tiefgreifend verändert. Nach dem Verhältnis von C zu H erweist es sich als stark inkohlt, und zwar in höherem Grade als das Bothrodendrin der Moskauer Karbonbraunkohle (vgl. Zetzsche, Vicari und Schärer 1931, S. 517). Alle Proben sind dehydriert und oxydiert, trotz des überraschend hohen Sauerstoffgehaltes wurde nur eine Hydroxylgruppe bestimmt. Die autoxydierten rezenten Pollenine haben wesentlich geringere chemische Veränderung erfahren (vgl. Zetzsche und Kälin 1931, S. 517). Das weit weniger inkohlte Pollenin aus der Eozänbraunkohle des Geiseltales unterscheidet sich von dem vorliegenden Material durch Aufnahme von Schwefel und Stickstoff (vgl. Zetzsche und Kälin 1932 a, S. 457). Die chemische Beschaffenheit der aus verschiedenen Horizonten des Wetterauer Hauptbraunkohlenlagers gewonnenen Pollenine zeigt geringe Schwankungen, offenbar infolge der nicht an allen Stellen gleich starken Oxydation bei der Schwelkohlebildung.

Braunkohle von Saarau (vgl. v. Lingelsheim 1907, S. 34; Kirchheimer 1933 a, S. 83). Im Gegensatz zu dem Wetterauer Vorkommen ist diese Braunkohle wahrscheinlich durch Tagewässer dehumifiziert worden, wobei sich der Pollen anreicherte und der Oxydation unterlag. Besonders häufig sind korrodierte Pollen von *Pinus* und einer als *Taxodium* bestimmten Form<sup>1)</sup>. Ferner wurden schlecht erhaltene Exinen von *Betula* und auch sonstiger Angiospermen-Pollen festgestellt (hierzu vgl. Tafel VIII, Fig. 5).

Auch die Exinensubstanz der Saarauer Braunkohle ist dehydriert und oxydiert. Der H-Gehalt ist etwas höher als bei dem

<sup>1)</sup> Ob der als *Taxodium* bezeichnete Pollen wirklich von dieser Gattung stammt, erscheint mir sehr zweifelhaft. Meines Erachtens erlaubt die schlechte Erhaltung keine bestimmte Zuweisung. Die Frage der Erhaltungsfähigkeit des *Taxodium*-Pollens ist noch nicht geklärt (vgl. Kirchheimer 1934 a, S. 41).

Pollenin der Wetterauer Hauptbraunkohle. Sie steht mit dem Bothrodendrin der Moskauer Karbonbraunkohle auf der gleichen Inkohlungsstufe, ist aber schwefel- und stickstofffrei.

## II.

### Die Korrosion rezenten Pollens.

Unter Umgehung chemischer Mittel (vgl. S. 408) wurden an der Pollenexine Korrosionserscheinungen erzeugt. Als Versuchsmaterial diente Pollen von *Corylus avellana* L., dessen Membranstruktur Jentys-Szafer (1928, S. 79) eingehend studiert hat. Ihre Darstellung fand ich in fast allen Punkten bestätigt und darf mich daher auf die für unsere Fragestellung wichtigen morphologischen Einzelheiten beschränken. Der Pollen besitzt flache Kugelgestalt und drei Austrittsstellen, die in gleichen Abständen auf seinem größten Umfang liegen (vgl. Tafel VIII, Fig. 6 x). Die glatte Exine mißt etwa ein Mikron und besteht aus fünf Lamellen

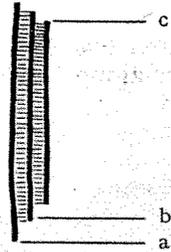


Abb. 1.

Bau der Membran des Pollens von *Corylus avellana* L.  
a Außenlamelle, b mittlere Lamelle, c Innenlamelle, die beiden weniger widerstandsfähigen dicken Schichten sind schraffiert. — Schematisch, 5000mal vergr.

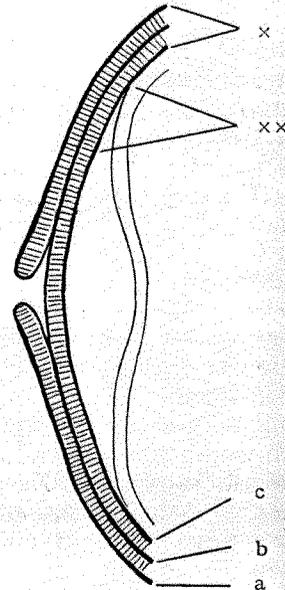


Abb. 2.

Bau der Austrittsstelle des Pollens von *Corylus avellana* L.  
x Exine (Bezeichnungen der Lamellen wie bei Abb. 1),  
xx Intine. — Schematisch, 5000mal vergr.

(vgl. Abb. 1), doch sind nur zwei Lagen ohne Anwendung der Färbetechnik oder Säurebehandlung sichtbar. Die Austrittsstellen zeigen sich in der Aufsicht als rundliche, gehöfte Gebilde. Nur die Außenlamelle sowie die ihr anliegende äußere der dicken Schichten sind perforiert und etwas von der mittleren Lamelle abgehoben (vgl. Abb. 2). Die Intine bildet hinter den Austrittsstellen linsenförmige Verdickungen, die als helle Höfe auffallen. Eine dünne Schicht zeigt abweichende Lichtbrechungsverhältnisse und liegt

der Innenlamelle der Exine zwischen den Austrittsstellen an<sup>1)</sup>. Die Intine enthält reichlich Pektine und besitzt deren färberisches Verhalten. Nach Jentys-Szafer (1928, S. 82) gibt sie schon bei rezentem Pollen keine Zellulosereaktion. Auf dem Wege der chemischen Analyse fand Zetzsche (1932, S. 213) in der gesamten Membransubstanz nur 1% Zellulose. Über die chemische Beschaffenheit des *Corylus*-Pollenin haben Zetzsche und Vicari (1931, S. 62) berichtet.

Der Pollen wurde aus frisch geernteten Kätzchen durch Aussieben gewonnen und mit Gießener Leitungswasser (pH 7,5) zu einem dicken Brei angerührt, der den Boden einer flachen Porzellanschale als 1 cm starke Schicht bedeckte. Die Temperatur im Versuchsraum schwankte zwischen 18° und 20° C, Sonnenbestrahlung wurde vermieden.

Während der ersten 14 Tage war für das unbewaffnete Auge außer einer dünnen Kahnhaut keine Veränderung wahrnehmbar. In der dritten Woche zerfloß der zuvor steife Pollenbrei zu einer schmierig-schleimigen Masse, gleichzeitig entwickelte sich ein übler Faulgeruch. Die Schale wurde daher mit einer Glasglocke bedeckt, für Luft- und Feuchtigkeitzufuhr war gesorgt. Nach 60 Tagen schien der Fäulnisprozeß beendet, auf der Pollenmasse siedelten sich verschiedene Schimmelpilze an. Nach einem weiteren Monat wurde der Pollen durch wiederholtes Aufschwemmen mit Wasser von den größeren Myzelien gereinigt und schließlich über Phosphorpentoxyd getrocknet.

Gleichzeitig liefen mehrere Kontrollversuche. Um Fäulnisreger fernzuhalten, wurde die sonst entsprechend hergestellte Pollenmasse mit einer Spur alkoholischer Phenollösung versetzt und ebenfalls drei Monate bei ungehindertem Luftzutritt sich selbst überlassen. Einer weiteren Probe mengte ich gleiche Gewichtsteile gepulverter Braunkohle und Markasit (FeS<sub>2</sub>) bei, sie wurde unter Wasser verwahrt. Dieses erwies sich gegen Ende des dritten Monats als stark sauer (pH 2,5) und zwar infolge der mit Bildung freier Schwefelsäure verbundenen Zersetzung des Markasits.

### a) morphologisch-strukturelle Veränderungen<sup>2)</sup>.

Schon vor Einsetzen der Fäulnis beginnt sich die Intine von der Exine zu lösen, am längsten bleibt sie in der Umgebung der Austrittsstellen haften. Die Exine wird unter Rückgang der Pollengröße und daher wohl infolge Kontraktion dicker; sie mißt am Ende der dritten Woche etwa 2,5  $\mu$ . Der Inhalt und die Intine schwinden, bei Beendigung der Fäulnis erweisen sie sich als völlig

<sup>1)</sup> Fischer (1890, S. 16) bezeichnet lediglich die dünnen Stellen der Exine als Austrittsstellen, Keimporen sind vollständige Durchbrechungen. Zur Aufgabe dieser Einteilung besteht keine Veranlassung, wenn auch manche Autoren die Begriffe verwechselt haben und Fischer den Keimapparat von *Corylus* irrtümlich als Keimpore ansprach.

<sup>2)</sup> Alle mikroskopischen Präparate für die hier mitgeteilten Untersuchungen enthalten Pollen, der nach besonders angegebener Vorbehandlung über Phosphor-pentoxyd bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und in Glycerin gelatine eingebettet wurde. Es ist nämlich darauf zu achten, daß der Messung nur Exinen gleichen Quellungs-zustandes unterliegen. Sonst machen sich Größenverschiebungen geltend, die das Ergebnis variationsstatistischer Untersuchungen beeinträchtigen können (vgl. auch Jaeschke 1934, S. 556).

zerstört. Nach der vierten Woche spaltet die Exine auf. Zunächst hebt sich zwischen den Austrittsstellen die mittlere Lamelle mit der inneren Exinelage ab (vgl. Abb. 3). Die Pollenkörner werden

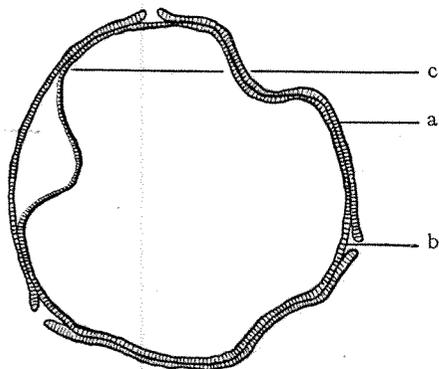


Abb. 3.  
Korrosion des gefaulten Pollens von *Corylus avellana* L. Anfangsstadium (Intine und Inhalt zerstört, Bezeichnungen für die Exinelamellen wie bei Abb. 1) — Schema des optischen Schnittes, 2000mal vergr.

zum Teil stark verformt, da offenbar die dünne Außenlamelle dem Zug der ihr noch anhaftenden und der Schrumpfung unterworfenen inneren Lage folgt (vgl. Abb. 4). Die beiden dicken Schichten

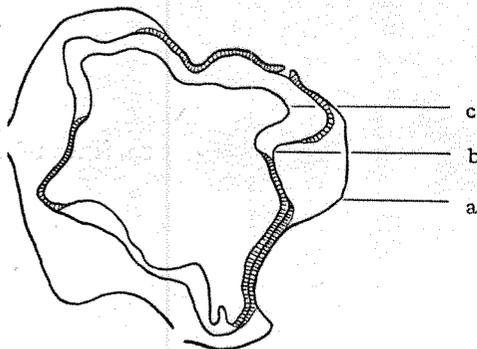


Abb. 4.  
Korrosion des gefaulten Pollens von *Corylus avellana* L., fortgeschrittenes Stadium (Bezeichnung für die Exinelamellen wie bei Abb. 1). — Schema des optischen Schnittes, 2000 mal vergr.

werden zerstört, mittlere und Innenlamelle zeigen sich widerstandsfähiger. Bei Abschluß des Versuchs sind sämtliche Exinen mehr oder weniger geschädigt, von etwa 25% der Körner ist nur noch die Außenlamelle erhalten (vgl. Tafel VIII, Fig. 10). Die Zerstörung hat nicht alle Pollenindividuen gleichmäßig betroffen, sondern es

bestehen die mir vom Braunkohlenpollen bekannten Unterschiede (vgl. Tafel VIII, Fig. 6—10). Auch die Gestalt der Austrittsstellen ist in Mitleidenschaft gezogen. Durch die Verdickung der Exine wird ihre Öffnung verengt und erscheint mitunter als feiner Spalt. Werden Innenlage und mittlere Lamelle zerstört, so ergeben sich den Keimporen vergleichbare Gebilde. Unter den Erhaltungszuständen herrscht eine überraschende Mannigfaltigkeit, daher sehe ich von einer Beschreibung ab. Es sei nur auf zwei Erscheinungen hingewiesen, die für die Morphologie

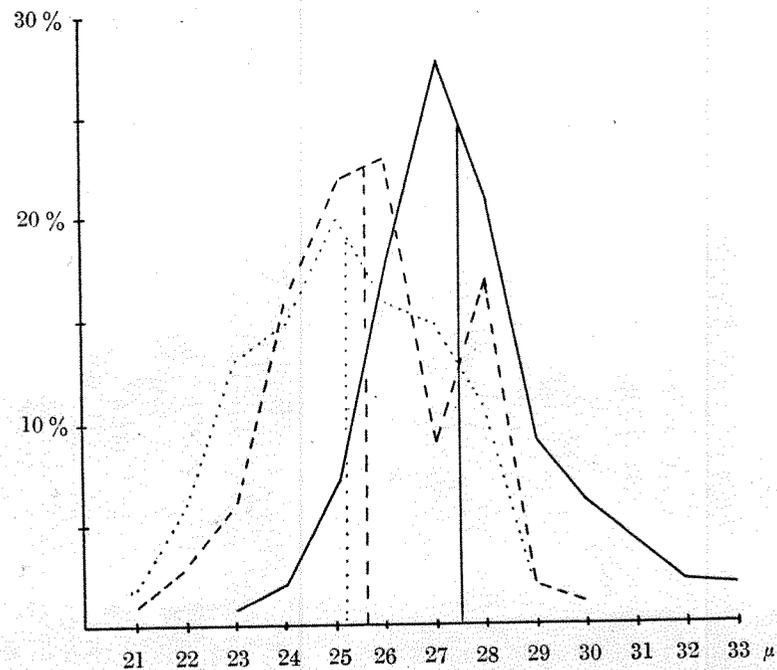


Abb. 5.  
Abhängigkeit der Größe des Pollens von *Corylus avellana* L. von schädigenden Einflüssen.  
 — = Pollen im Normalzustand. } Die Senkrechten bezeichnen den errechneten Mittelwert.  
 - - - = gefalteter Pollen.  
 ..... = Markasit-Pollen.

des fossilen Pollens von Bedeutung sind. Da die innere Lage der Exine sich zunächst zwischen den Austrittsstellen mit konkaver Begrenzung abhebt, erscheinen sie gelegentlich im optischen Schnitt durch mehr oder weniger ausgeprägte Bögen verbunden. Bei Zusammenneigen der Scheitel entstehen Formen, die den mit Tetraëdermarken versehenen Sporen ähneln (vgl. Tafel VIII, Fig. 11).

Die Pollengröße wurde vor Beginn und nach Abschluß des Versuches festgestellt, der Messung unterlagen in jedem Fall 200 Körner (vgl. Abb. 5). Gegenüber dem Ausgangsmaterial zeigt der gefaltete Pollen eine mittlere Größenabnahme von etwa 7%,

sein Variationsdiagramm ist ausgesprochen zweigipfelig. Das erste Maximum ( $26 \mu$ ) umfaßt Pollenkörner mit aufgespaltener und verformter Exine. Der zweite Höchstwert bei  $28 \mu$  entspricht den isolierten Außenlamellen, die sich vermutlich infolge der Elastizität nach Zerstörung des kontrahierten Exineanteiles der mittleren Ausmessung des unveränderten Pollens genähert haben. Demnach sind von dem morphologisch einheitlichen *Corylus*-Pollen zwei sowohl strukturell als auch in der Größe deutlich verschiedene Erhaltungszustände abzuleiten.

Nach drei Monaten Durchfeuchtung zeigt der dem Fäulnisprozeß nicht unterlegene Pollen keine der beschriebenen Veränderungen. Die mittlere Größe hat eine geringfügige Zunahme erfahren (+3%), Exine und Intine sind gequollen. Dagegen ist der mit Braunkohle und Markasit zusammengebrachte Pollen geschädigt, doch zeigen fast alle Körner noch Reste des stark geschrumpften Inhaltes (vgl. Tafel IX, Fig. 12). Diese Erscheinung beruht wohl auf einer Koagulation des mit den Speicherstoffen beladenen Protoplasmas, durch sie bildete sich ein fester Inhaltskörper. Die Exine ist stark verdickt (bis  $3 \mu$ ), an einzelnen Stellen hat bereits die Abhebung der inneren Lage eingesetzt. Die Figuration der Austrittsstellen gleicht manchen Erhaltungszuständen des gefaulten Pollens (vgl. Tafel IX, Fig. 13). Die Mittelgröße ist gegenüber dem im Normalzustand befindlichen Pollen ebenfalls erheblich reduziert, dem Fehlen isolierter Außenlamellen entspricht das eingipfelige Variationsdiagramm (vgl. Abb. 5).

#### b) chemische Veränderungen.

Der gefaulte *Corylus*-Pollen lieferte 27% Pollenin sowie 8,1% nicht näher bestimmte hydrolysierbare Membransubstanz. Unveränderter Blütenstaub enthält nur 7,3% Pollenin sowie 1,1% Zellulose (vgl. Zetzsche 1932, S. 213). Der hohe Pollengehalt des gefaulten Pollens beruht auf relativer Anreicherung infolge der restlosen Zerstörung seines Inhaltes und des Schwindens der Intine (vgl. S. 403). Dagegen überrascht die Menge der hydrolysierbaren Stoffe, die bei *Corylus* normalerweise 15% des Pollenins betragen und durch den Fäulnisprozeß auf 30% ansteigen. Pilzmembranen treten in der gereinigten Masse kaum auf, können mithin den höheren Prozentsatz nicht bedingen. Da die primärhydrolysierbaren Bestandteile des Pollens (Inhalt und Intine) zerstört sind, muß ein Teil der für gewöhnlich nicht hydrolysierbaren Exinensubstanz in weniger widerstandsfähige Verbindungen umgewandelt worden sein. Nach dem mikroskopischen Befund (vgl. S. 404) dürfte sich diese Veränderung auf die beiden dickeren Exinelamellen beschränken, deren schwächere Resistenz den schlechten Erhaltungszustand des Pollens bedingt (vgl. Abb. 4).

Das Pollenin ist dehydratisiert und man darf von einer Inkohlung sprechen, da H und O gemindert sind. Sporonin

gefaulter *Lycopodium*-Sporen zeigt die gleiche Beschaffenheit (vgl. S. 409). Die Exine weist aber einen wesentlich schlechteren Erhaltungszustand auf und es zeigt sich auch hier, daß die Membran der Pollenkörner weniger stabil ist. Trotz der nicht erheblichen chemischen Veränderung ist die Exine morphologisch weitgehend geschädigt. Als Ursache dieser bedeutsamen Erscheinung betrachte ich die Differenzierung in Lamellen verschiedener, zum Teil nur geringer Widerstandsfähigkeit.

### III.

#### Ursachen der Pollenkorrosion.

Mit der Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äußere Einflüsse beschäftigt sich ein umfangreiches Schrifttum. Doch behandelt es wie die bereits 1887 erschienene gleichlautende Arbeit von Rittinghaus fast nur die Gefährdung der Lebensdauer des Pollens. Abwesenheit bestimmter Pollengattungen in quartären Ablagerungen und Oberflächenproben (vgl. Firbas 1929, S. 393) wird heute als Folge geringer Resistenz der dünnen Exine betrachtet. Die öfters festgestellte Korrosion des Pollens der Verwitterungshorizonte mancher Torfe oder seine fast völlige Zerstörung in vielen lockeren Gesteinen wurden unter der Oxydation zugeschrieben. Unerwartete „Überrepräsentation“ des Pinaceen-Pollens brachte man mit der größeren Widerstandsfähigkeit seiner Exine in Verbindung.

#### a) physikalisch-chemische Faktoren.

Da die Pollenexine im Gegensatz zu anderen pflanzlichen Kutikularbildungen (Kutin, Suberin) Wasser durchtreten läßt, kann die Intine in wässrigen Medien quellen. Der Quellungsdruck unterwirft die Exine einer starken Spannung und vermag manche Pollengattungen zu sprengen (vgl. Kirchheimer 1931, S. 127).

Über den Umfang der Pollenzerstörung durch diesen physikalischen Vorgang ist wenig bekannt. Ich habe bislang nur das Verhalten von *Taxus baccata* L. untersucht, dessen Platzen im Wasser bereits früher beobachtet wurde (vgl. Kerners Hansen 1913, S. 283). Der kugelige Pollen besitzt durchschnittlich  $28 \mu$  Größe, sein Inhalt und die etwa  $2 \mu$  starke Intine werden von einer sehr dünnen Exine ohne Austrittsstellen umgeben (vgl. Tafel IX, Fig. 14 x). Stäubt man den Pollen auf Gießener Leitungswasser, so beginnt die Intine sofort zu quellen. Nach geringer Dehnung zerreißt die Exine in kennzeichnender Weise und kollabiert zu einem formlosen faltigen Häutchen. Selbst bei Verwendung 14 Tage alten Pollens streifen innerhalb zwei Minuten bis zu 50% der Körner ihre Exine ab. Die freigelegte Intine quillt weiter und erreicht etwa  $12 \mu$  Stärke. Sie läßt alsdann eine feine Lamellierung erkennen, der vom lebenden Protoplasma umgebene Inhalt zeigt sich etwas geschwollen. Die Quellung der Intine ist begrenzt, der größte Durch-

messer des Pollens beträgt gegen  $55 \mu$  (vgl. Tafel IX, Fig. 14). Sehr aufschlußreich verspricht die Bestimmung des Quellungsdruckes mit den Methoden der Pflanzenphysiologie zu werden<sup>1)</sup>.

Die Exine des Pollens ist elastisch, diese Eigenschaft verliert das Pollenin durch Schwefeln. Derartige Exinen sind starr und spröde. Zuvor erlittene Formveränderungen werden nicht mehr ausgeglichen; bei geringer Druckbeanspruchung können die Exinen zerbrechen (vgl. Kirchheimer 1933 b, S. 176; vgl. auch Tafel IX, Fig. 25). Durch thermische Einflüsse wird das Pollenin depolymerisiert (vgl. Zetzsche und Kälin 1932 b, S. 670), die auf dem Abbau beruhenden morphologischen Veränderungen sind bereits eingehend beschrieben worden (vgl. Kirchheimer 1933 b, S. 154; 1934 b, S. 19).

Die meisten chemischen Agenzien bewirken keine wesentliche Schädigung der Exine, abgesehen von einer Beeinflussung des Quellungszustandes und mithin der Größe. Nur gegenüber Oxydantien ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) besitzt die Exine verhältnismäßig geringe Widerstandsfähigkeit. Bereits Fischer (1890, S. 9) kannte den zerstörenden Einfluß der Chromsäure, dessen sich später Jentys-Szafer (1928, S. 80) zur fortschreitenden Destruktion des *Corylus*-Pollens bedient hat. Der Zerstörungsvorgang entspricht dem Ablauf der Korrosion des gefaulten *Corylus*-Pollens, wie schon ein Vergleich der Abbildungen lehrt.

Die Lamellen der Exine trennen sich, ihre dickeren Schichten werden zerstört. Besondere Widerstandsfähigkeit zeigt auch hier die dünne Außenlamelle; nur sie bleibt nach längerer Behandlung der Exine mit Eau de Javelle erhalten. Wässriges KOH kann in stärkerer Konzentration Korrosion und schließlich völlige Zerstörung des Pollens bewirken. Die Größenveränderung durch Behandlung mit Säuren oder Laugen habe ich nach diesbezüglichen Messungen Jentys-Szafers (1928, S. 89) im Diagramm dargestellt (Kirchheimer 1933 b, S. 151; Diagramm 3). Es sind Schwankungen von  $\pm 20\%$  zu verzeichnen, die hinter der Reduktion der thermisch beanspruchten *Lycopodium*-Sporen nicht zurückstehen (vgl. Kirchheimer 1933 b, S. 159).

Zetzsche und Kälin (1931, S. 517) haben die Möglichkeit einer Autoxydation der Pollenine nachgewiesen. Das bislang vorliegende Material (*Pinus*, *Picea*) zeigt nur geringe morphologische Veränderungen, doch ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber der Behandlung mit wässriger Kalilauge merklich herabgesetzt. Die lange Einwirkung sehr verdünnter Schwefelsäure dürfte den mit Braunkohle und Markasit zusammengebrachten Pollen geschädigt haben. Seine Veränderungen gehen über die bei kurzfristiger Behandlung mit konzentrierter  $\text{H}_2\text{SO}_4$

<sup>1)</sup> Die starke Wasseraufnahme des *Taxus*-Pollens kann in vitro gezeigt werden. Auf etwas lufttrockenen Blütenstaub wird das gleiche Volumen Wasser gegeben. Die beim Umschütteln noch leicht bewegliche Aufschwemmung geht sehr schnell in eine breiige und schließlich steife Masse über.

beobachtete Entquellung hinaus, jedoch sind Intine und Inhalt weit weniger in Mitleidenschaft gezogen. Die Aufbereitungsschädigung des fossilen Pollens beruht nach den Untersuchungen von Zetzsche und seiner Schüler auf der chemischen Veränderung des Pollenins, indem ein Teil der Substanz von den betreffenden Agenzien ( $\text{KOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ) gelöst wird.

## b) biologische Faktoren.

Eine Schädigung der Exine durch tierische Lebewesen ist meines Wissens nicht bekannt. Manche Insekten und niedere Krebse verzehren Pollen. Doch werden nur Intine und Inhalt verdaut; die ausgelaugten Exinen verlassen den Darm mit den Exkrementen. Dagegen perforieren Oplidien und andere Archimyzeten die Exine an engumschriebenen Stellen, ohne sie wesentlich zu schädigen. Wasmund (1931, S. 611) vermutet die Ursache der Zerstörung des auf dem Wasser treibenden *Pinus*-Pollens in der oft starken Verpilzung.

Die Schädigung des gefaulten *Corylus*-Pollens beruht meines Erachtens auf der Tätigkeit pflanzlicher Mikroben. Denn der unter sterilen Verhältnissen laufende Kontrollversuch ließ entsprechende Erscheinungen vermissen. Wahrscheinlich sind Bakterien an der Veränderung der Exine beteiligt, denn Pilze wurden auch unter dem Mikroskop erst gegen Ende des Versuches beobachtet<sup>1)</sup>. Durch Kulturversuche wird die Frage zu entscheiden sein, ob etwa Nahrungsspezialisten vom Pollenin bzw. seinen Abbauprodukten leben können. Auffallend ist die Übereinstimmung der biologischen Korrosion mit der Veränderung der Exine durch starke Oxydantien, insbesondere Chromsäure (vgl. S. 408).

Zetzsche (briefliche Mitteilung) hat *Lycopodium*-Sporen auf das Wasser eines größeren Behälters gestäubt. Sie faulten mehrere Monate, alsdann siedelten sich reichlich grüne Algen an. Nach zwei Jahren wurde eine Probe entnommen, die im trockenen Zustande leichte Verfärbung nach dunkleren Nuancen (Ostwald 3 ic) des ursprünglichen Bleichgelbs zeigt. Unter dem Mikroskop erweist sich nur das die Lumina der Exospormaschen überspannende Häutchen als zerstört. Die chemische Untersuchung durch Zetzsche und Liechti ergab eine merkliche Dehydratisierung des Sporonins; sie liegt der von Zetzsche und Vicari (1931, S. 517) am Pollen von *Pinus* und *Picea* beobachteten Autoxydation in stärkerem Ausmaß zugrunde. Die gegenüber dem gefaulten *Corylus*-Pollen geringeren morphologisch-chemischen Veränderungen stehen mit der größeren Widerstandsfähigkeit des *Lycopodium*-Sporonins im Zusammenhang.

<sup>1)</sup> Von eingehenden Erhebungen über die Natur der Mikroben mußte abgesehen werden, da die Hilfsmittel eines bakteriologischen Laboratoriums nicht zur Verfügung standen.

### Korrosion und pollenanalytische Methode.

Nach den bereits vorliegenden Ergebnissen ist die Pollenanalyse als wertvolles Hilfsmittel der genetischen Kohlenpetrographie und Paläobotanik anzusprechen (vgl. Kirchheimer 1934 d, S. 226). Jedoch muß von ihren der Untersuchung quartärer Ablagerungen dienenden Methoden besonders die quantitative Auswertung des Polleninhaltes auf Zuverlässigkeit im Rahmen der Braunkohlenforschung geprüft werden. Denn es bestehen derzeit noch kaum Anhaltspunkte für den Umfang der Pollenzerstörung in der Braunkohle und somit ist nicht festzustellen, ob das Mengenverhältnis ungefähr der Zusammensetzung der Pflanzendecke entspricht oder etwa manche Pollenformen nur durch größere Widerstandsfähigkeit hervortreten. Es erfordert besondere Beachtung, daß selbst der als sehr resistent geltende *Corylus*-Pollen in kurzer Zeit korrodiert wird und sich der Identifizierung entzieht.

Die oxydativ beeinflusste Inkohlung der Wetterauer und Saarauger Pollenbraunkohlen muß als Ursache der besonders starken chemisch-morphologischen Veränderung des Pollens betrachtet werden. Oxydation des Pollenins führt zu teilweise löslichen Produkten (vgl. S. 408), deren Entfernung aus der Exine während der Inkohlung oder nachträglich die Korrosion in Erscheinung treten läßt. Gewöhnlich dürfte ein derartiger Abbau nur in kleinerem Umfang stattfinden, aber bei der geringen Widerstandsfähigkeit bestimmter Exinelamellen doch den Pollen schädigen (vgl. S. 406). Zudem hat die Untersuchung experimentell depolymerisierter *Lycopodium*-Sporen ergeben, daß sich selbst sehr geringe chemische Veränderungen morphologisch auswirken können (vgl. Kirchheimer 1934 b, S. 28). Die infolge physikalischer Vorgänge kollabierten Exinen (vgl. S. 407) können Korrosion zeigen, ohne daß die stoffliche Beschaffenheit beeinflusst ist.

Durch die Bestimmung des Pollens sind auch Pflanzen zu erfassen, die aus verschiedenen Gründen keine sonstigen Reste in den tertiären Ablagerungen hinterlassen haben (vgl. u. a. Wodhouse 1933, S. 479; Kirchheimer 1934 a, S. 17). Jedoch stehen die für eine ausgiebige qualitative Pollenanalyse der Braunkohle notwendigen Vorarbeiten erst ganz im Anfang. Mit der Untersuchung des vorwiegend in Betracht kommenden rezenten Pollenmaterials ist aber von verschiedener Seite begonnen worden, und so dürfte man im Laufe der kommenden Jahre die heute noch bestehenden diagnostischen Schwierigkeiten zu überwinden trachten. Doch will ich auch weiterhin die Frage der Erhaltungsfähigkeit des Pollens kritisch prüfen und in enger Zusammenarbeit mit Zetzsche den sie beeinflussenden Bedingungen nachgehen.

Der Braunkohlenpollen zeigt viele Erhaltungszustände, die auf der ungleich starken Schädigung der Exine vor und während der Aufbereitung beruhen. So kann Pollen einer Stammpflanze sehr verschiedenes Aussehen bieten. Neben der Struktur und Skulptur der Exine ist auch die Größe veränderlich. Das Beispiel des gefaulten *Corylus*-Pollens beweist, welcher weitgehenden

morphologischen Differenzierung die Pollenexine durch Korrosion unterliegt. Es wurden ohne Mithilfe der Aufbereitung zwei Erhaltungszustände gestaltet, die gegeneinander scharf abgegrenzt sind und durchaus Merkmale besonderer „Arten“ besitzen. Ihr Zusammenhang ergibt sich für uns aus den Versuchsbedingungen. Bei Braunkohlenpollen dürfte die Ableitung der Erhaltungszustände auf Schwierigkeiten stoßen, wie durch die nachstehenden Angaben bestätigt wird.

Die mitteleozäne Braunkohle der Grube Cecilie im Geiseltal lieferte einen pollenführenden Blütenstand (vgl. Kirchheimer 1933 b, S. 142). Der ihm entnommene Pollen entspricht morphologisch dem Blütenstaub von *Myrica* und liegt in sehr verschiedener Erhaltung vor (vgl. Tafel IX, Fig. 15—23). Potonié (1934, S. 55) hat Pollen aus der gleichen Braunkohle als Arten der Sammelgattung *Pollenites* R. Pot. beschrieben, darunter auch mehrere mit Betulaceen oder Myricaceen vergleichene Formen. In meinem einwandfrei auf eine Stammpflanze zurückgehenden Material glaube ich besonders folgende der Potoniéschen „Arten“ zu erkennen:

- Coryli*?-*pollenites coryphaeus* R. Pot.,
- Pollenites granifer megagramifer* R. Pot.,
- „ „ *granifer* R. Pot.,
- „ „ *orbicularis* R. Pot.,
- „ „ *bituitus* R. Pot.
- „ *bituitus* R. Pot.

Die Größe des Pollens schwankt zwischen 22  $\mu$  und 32  $\mu$ , seine Exine ist unmeßbar dünn oder bis 3  $\mu$  stark. Die Erhaltungszustände beruhen ebenfalls auf der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der Exinelamellen (vgl. Kirchheimer 1933 b, S. 147). Potonié (1934, S. 55) hat die genannten Pollenformen bereits früher und zwar auch aus anderen Braunkohlen beschrieben, zum Teil sogar unter abweichender Bezeichnung (z. B. *Pollenites coryphaeus*, *P. myrmecides*, *P. globiformis modestus*). Wahrscheinlich leiten sich nicht alle myricoiden Pollenkörner der Geiseltalbraunkohle von *Myrica* ab. Es erschwert vielmehr die diagnostische Arbeit ungemein, daß ganz offenbar von dem Pollen verschiedener Pflanzen übereinstimmende oder sehr ähnliche Erhaltungszustände vorliegen. Denn schon meine Abbildungen zeigen, daß sich unter dem gefaulten *Corylus*-Pollen Formen befinden, die von *Coryli*?-*pollenites* Pot. verschieden sind und anderen der genannten Potoniéschen Arten gleichen. Auch die Austrittsstellen des cf. *Myrica*-Pollens aus der Eozänbraunkohle des Geiseltales hat der Korrosionsvorgang umgestaltet, beobachtet wurden die für den sehr ähnlichen *Corylus*-Pollen geschilderten Veränderungen.

Nach Zetzsche und Kálin (1932 a, S. 457) ist das Pollenin des Fimmenters der Eozänbraunkohle der Grube Cecilie im Geiseltal (vgl. Kirchheimer 1934 c, S. 487) nur wenig inkohlt, doch hat es Schwefel und Stickstoff aufgenommen. Im Gegensatz zu dem hochinkohnten Pollenin der Pollenbraun-

kohlen (vgl. S. 401) wurde dieses Material nicht oxydiert und kaum dehydriert. Die gute Formerhaltung des Pollens (vgl. Tafel IX, Fig. 24) dürfte auf der Schwefelung beruhen; offenbar war der Hangenddruck zu einer Fragmentation der starren Exinen nicht stark genug (vgl. S. 408; Tafel IX, Fig. 25). Die geringen morphologischen Veränderungen des Pollens stehen in Einklang mit dem chemischen Befund.

Auch Potonié (1934, S. 110) hat nunmehr die Bedeutung der Erhaltungszustände des Braunkohlenpollens erkannt. Doch soll es von einer Beschreibung der zahlreichen Formen als Arten der Gattung *Pollenites* R. Pot. nicht abschrecken, „wenn vielleicht noch recht häufig für Erhaltungszustände ein und derselben Pollenform verschiedene Namen eingeführt worden sind“. Gerade diese durch die hier mitgeteilten Untersuchungen bestätigte und in ihrer vollen Bedeutung gewürdigte Sachlage begründet meine bereits 1931 geäußerte Ansicht, daß von einer derartigen Auswertung des fossilen Pollens abzusehen ist. Daher beschränken sich meine neuen Beiträge zur pollenanalytischen Braunkohlenforschung auf die nach dem jeweiligen Stand der Vorarbeiten sowie eigenen Vergleichsstudien bestimmbaren Pollenformen (vgl. Kirchheimer 1934 a, S. 17; 1934 d, S. 171). Die gleiche Meinung vertritt Wodehouse (1933, S. 479), seine Arbeitsweise ist der Potoniéschen Inventur des Braunkohlenpollens vom botanischen Standpunkt unbedingt vorzuziehen. Denn sie umgeht die Schaffung zahlreicher neuer Namen für Fossilien, die vorläufig nur als Erhaltungszustände von Pollenkörnern gelten und größtenteils erst den natürlichen Gattungen eingeordnet werden müssen<sup>1)</sup>.

Auch aus anderen Gründen muß ich den Wert der Potoniéschen Pollenformen bestreiten. An der Zusammensetzung der Flora älterer deutscher Braunkohlen sind nach neuen Untersuchungen ausgestorbene Gattungen hervorragend beteiligt, ein erheblicher Prozentsatz der Exinen dürfte daher auf solche Gewächse zurückgehen (vgl. Kirchheimer 1935 a, S. 94). Über die Morphologie ihres Pollens sind wir nicht unterrichtet, vermutlich ist er dem Blütenstaub der verwandten rezenten Gattungen ähnlich. So finden sich in der Eozän-

<sup>1)</sup> Über den Wert der Gattung *Pollenites* R. Pot. und der ihr zugewiesenen Arten äußert sich Wodehouse (1933, S. 482) wörtlich: "The use of the word *Pollenites* has the value of pointing out the fact that the object so designated is a fossil pollen grain, but it is without other significance because, designating all pollen, it becomes universal and designates nothing, and its monotonous repetition takes up space to no purpose other than to tell that the fossil, which we already know to be a pollen grain, is a fossil pollen grain."

In meiner Abhandlung „Die Pollenflora der hessischen Braunkohlen“ (1. Teil: Pliozän) gedenke ich mich unter Heranziehung eines umfangreichen Materiales mit dem Einwand auseinanderzusetzen, daß die Benennung der Pollenformen eine Grundlage ihrer geplanten und von der botanischen Bestimmung losgelösten stratigraphischen Verwertung bildet. Früher legte nämlich Potonié seinen Pollenformen erhebliche stratigraphische Bedeutung bei, hat sich aber inzwischen meiner bereits 1931 ausgesprochenen ablehnenden Ansicht genähert. Auch Weyland (vgl. Weyland und Jäger 1934, S. 680) hält die Potoniésche Arbeitsrichtung für wenig aussichtsreich, andere Autoren werden sich im Anschluß an meine Untersuchungen äußern.

braunkohle des Geiseltales verschiedene Pollenformen, die dem Blütenstaub von *Nyssa* L. nahezu gleichen. Aus diesem Vorkommen kennt man aber auch Reste der nur fossilen Gattung *Ganitrocera* Kirchheimer, deren Früchte Merkmale von *Nyssa* L. und der ebenfalls in der heutigen Flora verbreiteten Gattung *Mastixia* Bl. vereinigen. Doch ist es von sehr verschiedener stratigraphischer und auch ökologischer Bedeutung, ob Blütenstaub der bis in das Oberpliozän verbreiteten jetztweltlichen Gattungen vorliegt oder der übereinstimmend beschaffene Pollen einer der auf das ältere Tertiär beschränkten ausgestorbenen Formen. Die nicht gedeuteten Pollenkörner dürfen daher nur in besonderen Fällen ausgewertet werden, z. B. für die Identifizierung benachbarter jungtertiärer Ablagerungen (vgl. Kirchheimer 1935 b). Eine tiefer greifende und vor allem in ihren Grundlagen gesicherte Methode ist dagegen nicht zu erwarten. Die Inventur des Braunkohlenpollens kann nur als Vorarbeit für diagnostische Untersuchungen gelten. Doch sollte man bereits jetzt den Erhaltungszuständen besondere Aufmerksamkeit zuwenden, ihre Ausscheidung wird die Formenfülle auf ein erträgliches Maß zusammenschumpfen lassen.

Ferner entbehrt jeglicher Berechtigung, daß Exinen aus alttertiären Schichten im Anschluß an die Bestimmungen von Blattabdrücken gedeutet werden. Es muß einer Verbindung der pollenanalytischen Befunde mit den durch Nachweis ausgestorbener Gattungen in Frage gestellten Bestimmungen von Blattabdrücken vorgebeugt werden. Die Pollenanalyse des Tertiärs soll sich der botanischen Grundlagen der Methode erinnern und hat bei den jüngsten Schichten einzusetzen. Sie führen bekanntlich eine Flora, die von der heutigen Pflanzenwelt Europas, Ostasiens und Nordamerikas nicht allzu verschieden ist. Die Bestimmung der in Betracht kommenden Pollenkörner ist durch die Arbeiten für die Untersuchung quartärer Sedimente sehr erleichtert, durch eingehendes Studium des Blütenstaubs weiterer Pflanzen der genannten Gebiete sind Fortschritte in der Identifizierung des fossilen Materials zu erwarten.

### Zusammenfassung.

Die verschiedene Erhaltung und Korrosion des Braunkohlenpollens beruht meist auf einer chemischen Veränderung des Pollenins. Besonders weitgehend geschädigt sind die aus oxydierten Braunkohlen isolierten Exinen. Die gleichen morphologischen und chemischen Veränderungen zeigt rezenter Pollen, der einem Fäulnisprozeß unterworfen wurde. Meine Arbeiten über die Beschaffenheit fossilen und rezenten Pollens veranlassen die Ablehnung einer Methode der Untersuchung von Pollenformen der Braunkohle, die der Bedeutung der Erhaltungszustände nicht Rechnung trägt.

## Schriftenverzeichnis.

- Dolgener, 1932. Über die petrographische Herkunft des bei der Benzolextraktion von Kohlen gewonnenen Bitumens. (Arb. Inst. f. Palaeobot. u. Petrogr. d. Brennst. 2.)
- Erdtmann, 1923. Beitrag zur Kenntnis der Mikrofossilien in Torf und Sediment. (Ark. f. Bot. 18.)
- Firbas, 1929. Einige Bemerkungen zur heutigen Anwendung der Pollenanalyse. (Centralbl. f. Min. usw., Jahrg. 1929, Abtlg. B.)
- Fischer, 1890. Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner. (Dissertation Breslau.)
- Jaeschke, 1934. Zur postglazialen Waldgeschichte des nördlichen Schwarzwaldes. (BCB. 51, Abt. B.)
- Jentys-Szafer, 1928. La structure des membranes du pollen de *Corylus*, de *Myrica* et des espèces européennes de *Betula* et leur détermination à l'état fossile. (Bull. internat. de l'acad. sc. lettr. Math.-Nat. Cl., B.)
- Kerner-Hansen, 1913. Pflanzenleben. II. Wien und Leipzig.
- Kirchheimer, 1931. Zur pollenanalytischen Braunkohlenforschung. I. (Braunkohle 30.)
- 1933 a. Über die sogenannten Pollenbraunkohlen, insbesondere ein schlesisches Vorkommen. (Zeitschr. f. prakt. Geologie 41.)
- 1933 b. Die Erhaltung der Sporen und Pollenkörner in den Kohlen sowie ihre Veränderungen durch die Aufbereitung. (Bot. Archiv 35.)
- 1934 a. Das Hauptbraunkohlenlager der Wetterau. (Hanau, herausgegeben von der Wett. Ges. f. d. ges. Naturkunde.)
- 1934 b. Die Beschaffenheit unter erhöhtem Druck thermisch beanspruchter *Lycopodium*-Sporen. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 43.)
- 1934 c. Die Textur eines Braunkohlenfimmenites aus dem Geiseltal bei Halle. (N. Jahrb. f. Min. usw., Abtlg. B, Beil. 71.)
- 1934 d. Die Pollenanalyse. (Forschungen u. Fortschritte 10.)
- 1934 e. Über *Tsuga*-Pollen aus dem Tertiär. (Planta, Archiv f. wiss. Bot. 22.)
- 1935 a. Bau und botanische Zugehörigkeit von Pflanzenresten aus deutschen Braunkohlen. (Botan. Jahrb. f. Syst. usw. 67.)
- 1935 b. *Tsuga mcenan* n. sp. im Tertiär von Großsteinheim a. M. (BCB. 53, Abt. B.)
- v. Lingelsheim, 1907. Über die Braunkohlenhölzer von Saarau. (Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 85.)
- Potonié, 1934. Zur Mikrobotanik der Kohlen und ihrer Verwandten. I. u. II. (Arb. Inst. f. Palaeobot. u. Petrogr. d. Brennst. 4.)
- Rittinghaus, 1887. Über die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äußere Einflüsse. (Dissertation Bonn, vgl. auch Verh. d. naturw. Ver. d. Rheinlande 43.)
- Stach, 1932. Die Opaksubstanz in der Steinkohle. (Sitzungsber. Preuß. Geolog. Landesanst. 7.)
- Wasmund, 1931. Pollenregen auf ostholsteinischen Seen und seine Bedeutung für die Pollenanalyse. (Centralbl. f. Min. usw., Jahrg. 1931, Abtlg. B.)
- Weyland und Jäger, 1934. Zur Pollenführung des Hauptflözes der Ville. (Braunkohle 33.)
- Wodehouse, 1933. Tertiary pollen. II. (Bull. Torrey bot. Club 60.)

- Zetzsche, 1932. Kork- und Kutikularsubstanzen. (Handb. d. Pflanzenanalyse. III. Wien.)
- Zetzsche und Kälin, 1931. Zur Autoxydation der Sporopollenine. (Helv. Chim. Acta 14.)
- — 1932 a. Pollenin aus der Braunkohle des Geiseltales bei Halle a. d. S. (Ibidem 15.)
- — 1932 b. Eine Methode zur Isolierung des Polymerbitumens aus Kohlen. (Braunkohle 31.)
- — 1932 c. Das thermische Verhalten der Sporopollenine. (Helv. Chim. Acta 15.)
- und Vicari, 1931. Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen. III. (2. *Picea orientalis*, *Pinus silvestris*, *Corylus avellana*). (Ibidem 14.)
- — und Schäfer, 1931. Fossiles Sporopollenin aus dem Tasmanit und der Moskauer Braunkohle. (Ibidem 14.)

## Erklärung der Tafeln VIII und IX.

(Die Wiedergabe erfolgte ausschließlich nach nichtretuschierten Lichtbildern.)

## Tafel VIII.

- Fig. 1: Korrosion des Pinaceen-Pollens (*Pinus* sp., Wetterauer Hauptbraunkohle), a—c verschiedene Grade der Schädigung. — 500mal vergr.
- Fig. 2: Korrosion des Angiospermen-Pollens (*Betula* sp., Saarauer Braunkohle), a—c verschiedene Grade der Schädigung. — 800mal vergr.
- Fig. 3: Desorganisation des Pollens (*Pinus* sp., Wetterauer Hauptbraunkohle), die Exinen sind granuliert und zum Teil von körnigen Massen umgeben. — 225mal vergr.
- Fig. 4: Pollenbraunkohle (Wetterauer Hauptbraunkohle), zahlreiche korrodierte und desorganisierte Exinen enthaltend. Bei  $\times$  Pollen nach der Benzolextraktion unter Normaldruck. — 225mal vergr.
- Fig. 5: Pollenbraunkohle (Saarau), zahlreiche korrodierte Exinen und Desorganisationsprodukte enthaltend. — 225mal vergr.
- Fig. 6: Gefaulter Pollen von *Corylus avellana* L., man erkennt zahlreiche mehr oder weniger geschädigte Exinen. Bei  $\times$  Pollen im Normalzustand. — 225 mal vergr.
- Fig. 7—10: Erhaltungszustände gefaulten Pollens von *Corylus avellana* L., die Exine befindet sich in verschiedenen Graden der Aufspaltung und Zerstörung. — 800mal vergr.
- Fig. 11: Erhaltungszustand gefaulten Pollens von *Corylus avellana* L., die abgehobene innere Lage der Exine haftet nur noch an den Austrittsstellen. — 1000mal vergr.

## Tafel IX.

- Fig. 12: Markasit-Pollen von *Corylus avellana* L., man erkennt zahlreiche wenig veränderte Exinen, die noch den Inhalt führen. — 225mal vergr.

- Fig. 13: Erhaltungszustände des Markasit-Pollens von *Corylus avellana* L., die Intine ist von der Exine gelöst und der Inhalt noch erhalten. — 800mal vergr.
- Fig. 14: Pollen von *Taxus baccata* L., zwei Minuten in Gießener Leitungswasser. Intinen verschiedenen Quellungszustandes mit abgestreifter Exine, bei  $\times$  Pollen im Normalzustand. — 225mal vergr.
- Fig. 15—23: Erhaltungszustände des Pollens von cf. *Myrica* sp. aus der Eozänbraunkohle des Geiseltales, die Exine befindet sich in verschiedenen Graden der Aufspaltung und Zerstörung. — 1000mal vergr.
- Fig. 24: Pollen aus der Eozänbraunkohle des Geiseltales, die Exinen zeigen im Vergleich zu dem Pollen der Pollenbraunkohlen guten Erhaltungszustand. — 225mal vergr.
- Fig. 25: Pollen aus der Eozänbraunkohle des Geiseltales, die geschwefelten Exinen sind nach experimenteller Druckeinwirkung (ca. 250 atü) zerbrochen. — 225 mal vergr.

## Eine neue Erdalge.

Von  
Rudolf Gistel.

(Mit 14 Abbildungen im Text.)

Ich habe eine ganze Anzahl tropischer Böden auf ihre Algenflora untersucht. Dabei fiel mir in einer Bodenprobe, die einer der besten Tabakplantagen Sumatras, der Plantage Kwala Mentjien (Administrator Kufahl), entstammte, ein merkwürdiger Organismus auf. Ich hielt das einzellige Gebilde ursprünglich für ein Tetraedron. Die Formen, welche ich bei den ersten Kulturen fand, die ich aus dieser Bodenprobe in Pringsheimscher Nährlösung herauskultivierte, stimmten gut mit *Tetraedron regulare* Kützing f. *minor* Reinsch überein. Auch die Größenverhältnisse mit 20—25  $\mu$  Durchmesser bewegten sich in den von Reinsch angegebenen Grenzen. Die tetraedrische Zelle trägt an den vier Spitzen mehr oder minder deutliche Stacheln oder Zähnen, die oft auch fehlen können. Gelegentlich kann man an Stelle eines einfachen Zahnes auch einen Gabelzahn antreffen (Abb. 1, 2). Der Chromatophor ist dick, mächtig entwickelt und wandständig. In der Zellmitte ist eine deutliche Vakuole zu erkennen. Regelmäßig, aber nicht immer findet sich ein Pyrenoid vor.

Längere Beobachtung ließ mich bald an der Bestimmung zweifeln. Wenn die Zellen auch in der Regel einzeln vorkommen, so findet man doch bisweilen zwei und mehrere in Gruppen beisammen. Ich isolierte einzelne dieser fraglichen Individuen und brachte sie in sterile Pringsheimsche Nährlösung und in eine solche nach Hansteen-Craner. Letztere Lösung verwendete ich deshalb, weil die Kolben, mit dieser Nährlösung und mit demselben Boden geimpft, ähnliche, aber viel gestaltenreichere Gebilde in größeren Mengen aufwiesen. Abb. 3, 4, 5 zeigen dieselben. Auch sie erinnern an Tetraedron, Polyedrium. In der äußeren Gestalt ähneln sie *Tetraedron pentaedricum* W. u. G. S. West, wenn auch die Endstacheln viel kleiner sind, als West sie in seinen Zeichnungen angibt. Die von West gemessene Maximalgröße von 15  $\mu$  ist in meinen Kulturen die Minimalgröße. Der Maximaldurchmesser, den ich gefunden habe, beträgt 25  $\mu$ .

Betrachtet man diese Tetraedronformen in Reinkultur, so zeigen sie folgenden Entwicklungsgang. Zuerst ist eine starke Größenzunahme festzustellen, der Durchmesser wird manchmal



Fig. 1a

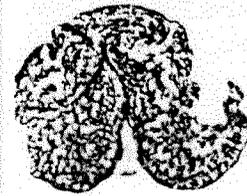


Fig. 1b

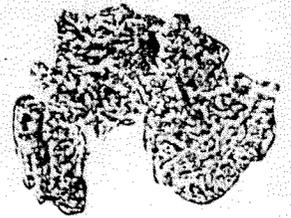


Fig. 1c

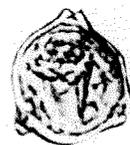


Fig. 2a



Fig. 2b

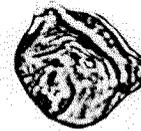


Fig. 2c



Fig. 3

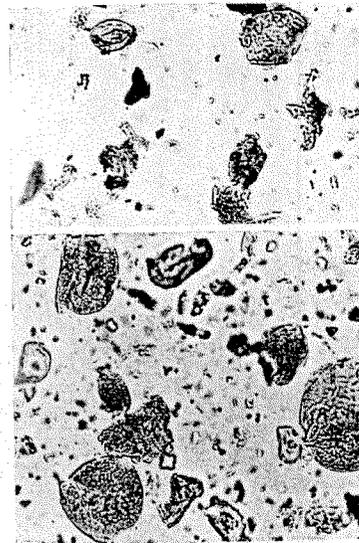


Fig. 4

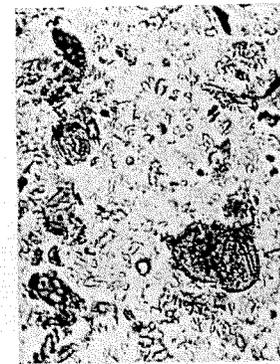


Fig. 5



Fig. 7



Fig. 8

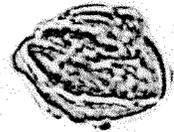


Fig. 9

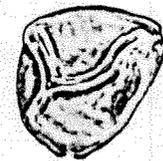


Fig. 11



Fig. 10

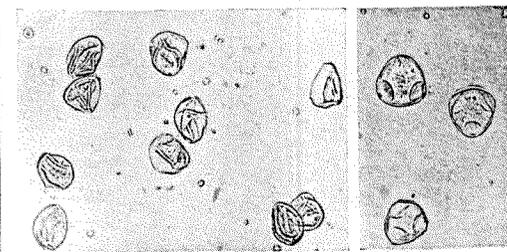


Fig. 6

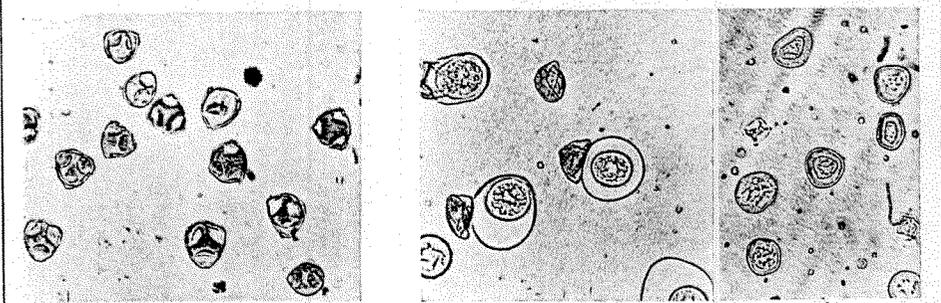


Fig. 12

Fig. 14

X

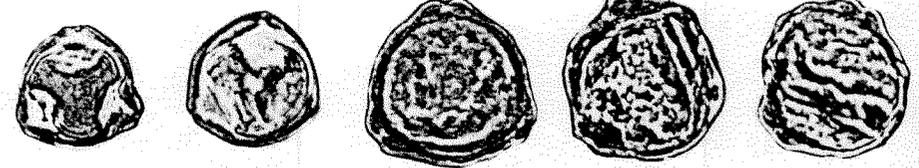


Fig. 13a

Fig. 13b

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17



Fig. 18

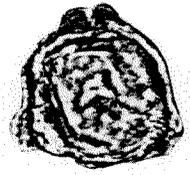


Fig. 19

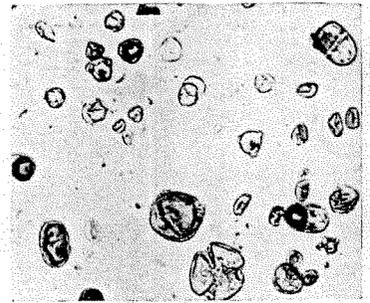


Fig. 24

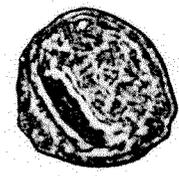


Fig. 20



Fig. 21

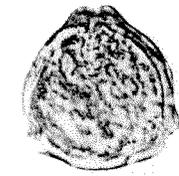


Fig. 22

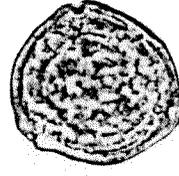


Fig. 23

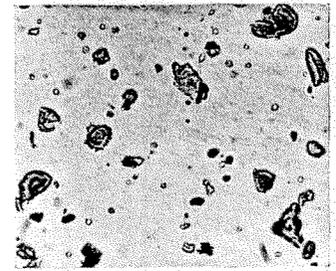


Fig. 25

# B. B. C.

Beihefte zum Botanischen Centralblatt.

Begründet von O. Uhlworm.

---

Herausgegeben von  
A. Pascher, Prag.

---



Band LIII.

Abteilung A.

Morphologie und Physiologie der Pflanzen.

Mit 19 Tafeln und 302 Abbildungen im Text.

---

1935

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

---

Alle Sendungen für die Beihefte werden erbeten an Prof. Dr. Pascher,  
Prag II, vinična 3a.