

# Die Erhaltung der fossilen Pflanzen

bearbeitet von

JULIUS PIA.

Unsere Kenntnis des Pflanzenlebens der Vorzeit ist wohl noch lückenhafter, als die der vorzeitlichen Tierwelt. Doch wird dieser Umstand dadurch wettgemacht, daß die fossilen Pflanzen in den günstigsten Fällen so vollkommen erhalten sind, wie es bei Tieren nicht vorkommt. Mit Hilfe von Dünnschliffen erkennen wir an ihnen alle Einzelheiten des mikroskopischen Baues wie an Schnitten durch heute lebende Formen. Nicht nur die für die Bestimmung so wichtigen Fortpflanzungsorgane, sondern auch die Fortpflanzungszellen selbst sind nicht all zu selten erhalten. In manchen Fällen sind sogar gewisse Bestandteile der einzelnen Zellen, wie die Kerne und die Chromatophoren, zu sehen.

Die Erhaltungsarten der pflanzlichen Reste sind äußerst mannigfaltig, je nach der ursprünglichen Beschaffenheit des Organismus und nach den Vorgängen bei seiner Fossilisation. Das Aussehen der Objekte hängt in hohem Grad vom Erhaltungszustand ab. Es ist deshalb unerläßlich, diesen Gegenstand etwas genauer zu behandeln.

## A. Pflanzen mit mineralischem Skelett.

Die Hauptmasse der hier zu besprechenden Reste gehört zu den Algen. Wir müssen drei Arten der Erhaltung pflanzlicher Skelette unterscheiden.

### 1. Mehr oder weniger unveränderte Erhaltung des Skelettes.

Das Skelett hat dieselbe Gestalt und annähernd dieselbe chemische Beschaffenheit, wie in der lebenden Pflanze.

#### a) Kalkskelette.

Der Kalk wird entweder einfach dadurch niedergeschlagen, daß die Pflanze dem umgebenden kalkreichen Wasser Kohlensäure entzieht. Oder das Kalzium ist in der Pflanze zunächst in einer organischen Verbindung vorhanden und wird erst bei der Ausscheidung in Kar-

bonat übergeführt. Entsprechend der verschiedenen Art der Bildung ist auch die Anordnung des Kalkes eine wechselnde. In vielen Fällen haftet er der Pflanze nur äußerlich an, so daß man kaum von einem Skelett sprechen kann. Hierher gehören die Kalkniederschläge auf den Blättern vieler Blütenpflanzen des Süßwassers, wie *Potamogeton*, *Helodea*, *Nymphaea* (vergl. Fig. 3) u. v. a. Diese Krusten werden meist bald durch die Wellen abgeschlagen und tragen zur Bildung der sog. Seekreide bei. Sie zeigen oft Abdrücke der Gefäßbündel der Blätter, von denen sie stammen, sind aber in der Regel zu weich, um erkennbare Fossilien zu liefern. Fester sind schon die Kalkkrusten und -knollen, die die Lager vieler Spaltalgen umhüllen. *Rivularia* ist wohl die bekannteste unter ihnen. Vergl. auch Fig. 24—26. Den entgegengesetzten Fall stellen aber die Skelette vieler Meeresalgen, besonders der Korallinazeen, dar. Hier sind die Zellwände selbst im Inneren der Pflanze verkalkt, während gerade die oberflächlichen, an denen die Assimilation erfolgt, kalkfrei bleiben. (Fig. 80, 81, 83). Bei den *Dasykladazeen* lösen sich die äußersten Schichten der Zellwände in Schleim auf, der den Raum zwischen den Wirtelästen ausfüllt. In diesen Schleim wird dann der Kalk eingelagert. (Fig. 39 folg.). Doch scheint daneben auch eine gewisse Verkrustung der nicht verschleimten Zellwände vorzukommen.

Was wir bisher der Einfachheit halber kurz Kalk genannt haben, ist in vielen Fällen auch chemisch reines Kalziumkarbonat. Nicht selten ist aber eine gewisse Menge von Magnesiumkarbonat zugegen, so daß der Kalk als dolomitisch zu bezeichnen ist. Nach neuen amerikanischen Untersuchungen ist der Magnesiumgehalt am höchsten bei den Skeletten der Korallinazeen warmer Meere. Geringer ist er bei derselben Gruppe unter kälterem Klima. Andere Rotalgen und alle untersuchten Grünalgen scheiden fast reinen Kalzit aus. Die folgende Zahlentafel soll dies erläutern.

#### Zusammensetzung des Skelettes von Kalkalgen:

	Gewichtsteile $MgCO_3$ in ‰ von $CaCO_3$
Durchschnitt aus 26 Analysen von Korallinazeen . . .	219 ± 12
Höchster beobachteter Wert ( <i>Goniolithon strictum</i> )	342
Niedrigster beobachteter Wert ( <i>Lithothamnium glaciale</i> ) . . . . .	124
Zwei Werte für verschiedene Teile derselben Pflanze von <i>Lithophyllum pachydermum</i> . . . . .	339, 186
<i>Galaxaura fragilis</i> . . . . .	12
Durchschnitt aus fünf Analysen von <i>Halimeda</i> . . .	7 ± 2
Reiner Dolomit ( $CaMgC_2O_6$ ) . . . . .	839,9

In jüngeren Erdschichten, beispielsweise in tertiären Sanden und Tegeln, findet man die Kalkskelette der Algen oft annähernd unver-

ändert. In älteren festen Gesteinen hat der Kalk meist eine kristalline Beschaffenheit angenommen. Aus solchen Schichten lassen sich die Schalen schwer befreien. Man untersucht sie deshalb in Dünnschliffen. Z. B. Fig. 24—26, 79—81. Da sie sehr oft eine andere Farbe haben, als das umgebende Gestein, heben sie sich recht gut ab. Die Hohlräume im Skelett sind in verschiedener Weise ausgefüllt. Sind sie weit genug, wie beispielsweise die Achsenhohlräume bei den Dasykladazeen, so ist die umgebende Gesteinsmasse, so lange sie noch weich war, in sie eingedrungen. Sind sie aber sehr eng oder überhaupt geschlossen, wie die Zellen der Korallinazeen, so blieben sie anfangs leer und wurden später von kristallinem, durchsichtigem Kalkspat ausgefüllt. Nicht selten findet man das Skelett innen von einer unregelmäßigen Lage eines dunklen, undurchsichtigen Stoffes ausgekleidet. Es dürfte sich hier um kohlige Reste des zersetzten Weichkörpers der Pflanze handeln, die das Gestein örtlich so stark färben. Das Skelett selbst ist meist heller als das umgebende Gestein. Doch kommt auch das Gegenteil vor, wahrscheinlich wieder infolge eines Gehaltes der Kalkschale an organischen Stoffen.

#### b) Kieselskelette.

Bei manchen niedrigen Pflanzen, besonders Spaltpilzen, besteht die Kruste, die die Zellen umgibt, aus Brauneisenerz. Da dieses aber in älteren Schichten kaum unverändert vorkommt, soll davon erst im nächsten Abschnitt die Rede sein. Sehr wichtig sind dagegen die aus Kieselsäure aufgebauten Pflanzenskelette. Außer in einigen weniger gut untersuchten Fällen kommen sie besonders bei den Diatomeen allgemein vor. Fig. 29—32. Ihre Kieselpanzer finden sich nicht selten in tertiären Schichten. Wo sie gesteinsbildend auftreten, entstehen die als Kieselgur, Tripel und Saugschiefer bekannten Absätze. Fig. 32. Von einer unveränderten Erhaltung des Skelettes kann man hier allerdings nicht ganz streng sprechen. Denn die Schale der Diatomeen besteht im Leben aus einer organischen Siliziumverbindung, die erst nach dem Tode der Pflanze in die einfache Form der Kieselsäure übergeht. Es kommt aber häufig vor, daß wenigstens weitere chemische Veränderungen unterbleiben, daß also die fossilen Panzer chemisch denen in den gereinigten Präparaten heutiger Diatomeen gleichen.

Der Besitz eines kieseligen Skelettes ist unter den Pflanzen nicht auf die Algen beschränkt. Bekannt ist der große Kieselsäuregehalt der Gräser. Bei jüngst ausgeführten Untersuchungen an subfossilen Hirsekörnern ist es gelungen, durch Ausglühen und Behandeln mit Salzsäure Kieselskelette der Oberhaut zu erhalten, die wichtige Anhaltspunkte für die nähere Bestimmung boten.

## 2. Abdrücke und Steinkerne.

Es wurde schon erwähnt, daß die kalkigen Skelette der Algen sich durch den Grad der Verunreinigung, durch die kristalline Beschaffen-

heit, oft wohl auch chemisch, z. B. durch einen abweichenden Dolomitgehalt, von dem umgebenden Gestein meist unterscheiden, auch dann, wenn dieses selbst ein Kalk oder Dolomit ist. Dadurch wird ein gewisser Unterschied der Löslichkeit bedingt. So kommt es, daß nicht gerade selten die Kalkschalen der Algen wie die der Tiere vollkommen aufgelöst werden, während das umgebende Gestein sowie die Ausfüllung der inneren Hohlräume erhalten bleibt. Es entsteht ein Loch im Gestein, das außen den Abdruck des Pflanzenrestes zeigt, innen aber den sog. Steinkern, d. h. den Ausguß der ursprünglich vorhandenen Höhlungen. Vergl. Fig. 56. Für die Untersuchung ist diese Art der Erhaltung nicht günstig, besonders deshalb, weil der Steinkern oft nur die gröberen Hohlräume des Skelettes wiedergibt, nicht aber die feinen Teile der Poren, die für die Bestimmung wichtig sind. Doch gibt es einige Arten von Dasykladazeen, die nur als Abdrücke und Steinkerne bekannt sind und deren Bau trotzdem so ziemlich aufgeklärt werden konnte. Fig. 50. Dagegen dürften bei anderen Kalkalgengruppen wohl keine deutbaren Reste übrigbleiben, wenn das Skelett aufgelöst wird. Besonders häufig ist die Auflösung der Schalen in solchen Gesteinen, die nachträglich in Dolomit verwandelt wurden. Gewiß spielt sie sich auch in klastischen Gesteinen, wie Sanden häufig ab. Bei der Kleinheit der Reste kommt in diesem Falle aber kein erkennbarer Steinkern zustande. Von Diatomeenschalen sind Steinkerne aus Schwefelkies beschrieben.

Recht oft beobachtet man, daß der durch die Lösung der Schale entstandene Hohlraum von Drusen feiner Kalzit- oder Dolomitmikrokristalle ganz ausgekleidet ist, ein Hinweis darauf, daß eine Wiederausscheidung dieser Minerale begonnen hat. Es wird wohl auch vorkommen, daß der gebildete Hohlraum sich endlich wieder ganz schließt. Solche Algenreste sehen auf der verwitterten Gesteinsoberfläche oft recht schön erhalten aus, zeigen aber im Dünnschliff nichts von den feineren Einheiten des Baues. Allerdings kann die Struktur sicher auch auf andere Weise, durch Umkristallisation der ganzen Gesteinsmasse ohne Bildung von Hohlräumen, zerstört werden.

### 3. Pseudomorphosen.

Die im letzten Abschnitt besprochene Erscheinung der Lösung und Wiederausscheidung von Gesteinsteilen läßt es nicht verwunderlich erscheinen, daß gelegentlich anstatt des gelösten Mineralen ein anderes gefällt wird, daß also die Fossilreste nach ihrer Einbettung ins Gestein eine durchgreifende chemische Veränderung erleiden. Selten nur scheint sich diese so abzuspielen, daß zuerst ein Hohlraum entsteht, der dann von einem anderen Mineral ausgefüllt wird. In der Regel handelt es sich wohl um eine ganz allmähliche, molekülweise Verdrängung des einen Stoffes durch den anderen. Über den Zeitpunkt, zu dem die Umwandlung erfolgte, und über die Ursachen, warum gewisse Stoffe an einer Stelle gelöst und an einer anderen unter scheinbar ganz ähnlichen Be-

dingungen wieder gefällt werden, wissen wir noch zu wenig. Ganz allgemein wird man wohl behaupten dürfen, daß die sich zersetzenden organischen Verbindungen dabei eine wichtige Rolle spielen. Jedenfalls bleibt die Tatsache bestehen, daß sehr viele Skelettreste uns heute in einer mineralischen Beschaffenheit vorliegen, die sie am lebenden Organismus sicher nicht hatten. Abgesehen von der Analogie mit den rezenten Verwandten wird dies wohl schon dadurch bewiesen, daß dieselbe Art von Versteinerung gelegentlich in zwei oder drei verschiedenen mineralischen Ausbildungen vorkommen kann. Die neu ausgeschiedenen Stoffe wurden dem Gestein offenbar manchmal von außen zugeführt, durch aufdringende heiße Lösungen im Gefolge vulkanischer Vorgänge oder durch Auslaugung benachbarter Schichtglieder. Viel häufiger waren sie aber in dem Muttergestein der Fossilien schon ursprünglich vorhanden, jedoch ganz fein verteilt. Nachträglich wurden sie in den Tier- und Pflanzenschalen, oft auch nur in einem Teil von ihnen, vereinigt.

Nach meiner Erfahrung scheint es mir, daß Algenreste von einer so weitgehenden chemischen Umwandlung weniger oft getroffen werden als viele tierische Schalen. Immerhin läßt sich eine Reihe von Beispielen dafür nennen.

Wohl die häufigste Art der Bildung von Pseudomorphosen nach Fossilien ist die Verkieselung. Sehr viele Kalke enthalten fein verteilte Kieselsäure. Dieser Stoff hat eine große Neigung, sich in reineren Massen zu vereinigen. Oft bildet er bloße Knollen, nicht selten formt er aber ursprünglich kalkige Versteinerungen genau ab. Für die Erkenntnis der äußeren Form dieser Reste ist die Verkieselung oft sehr günstig. Infolge der schweren Löslichkeit der Kieselsäure wittern sie auf der Oberfläche des Gesteines aus, von dem man sie sonst gar nicht befreien könnte. Auch der innere Feinbau bleibt bei der Verkieselung oft sehr gut erhalten, falls sie vollständig, nicht bloß — wie dies oft vorkommt — auf die Bildung einer oberflächlichen Kruste beschränkt ist. Verkieselte Kalkalgenskelette (die Codiacee *Gymnocodium bellerophontis*) treten gelegentlich in dem oberpermischen Bellerophonkalk Südtirols auf.

Merkwürdigerweise wird die Kieselsäure, die sich so oft an die Stelle anderer Minerale, besonders des Kalkes, setzt, dort, wo sie ursprünglich vorhanden ist, nicht gerade selten ihrerseits verdrängt. So kommt es, daß die Schalen der Diatomeen manchmal in einer ihnen im Leben ganz fremden chemischen Beschaffenheit vorliegen. In paleozänen Tonen Nordeuropas (England, Dänemark, Pommern) sind sie, wenigstens teilweise, in Schwefelkies verwandelt. Im Pliozän von Japan kommen kalkige Diatomeenschalen vor, in tunesischen Phosphatlagern bestehen sie aus Phosphorit.

Zu den Pseudomorphosen muß man — wenn ihre Deutung richtig ist — auch die fossilen Eisenbakterien rechnen, die im Miozän des Gou-

vernements Samara in Südostrußland gefunden wurden (vgl. S. 32). Ihre ursprünglich aus Eisenoxydhydrat bestehende Verkrustung wurde nachträglich, wahrscheinlich durch die chemische Tätigkeit anderer Bakterien, in Doppeltschwefeleisen umgewandelt.

## **B. Pflanzen ohne mineralisches Skelett.**

Wir werden hier viel mehr einzelne Fälle zu unterscheiden haben als in dem vorhergehenden Abschnitt. Im wesentlichen werden aber auch sie sich in drei Gruppen bringen lassen: Entweder die ursprünglich vorhandenen organischen Stoffe bleiben — wenn auch nur teilweise und in chemisch veränderter Form — erhalten; oder sie verschwinden vollständig, der Pflanzenrest wird aber durch das umgebende Gestein abgeformt; oder sie werden unter mehr oder weniger vollkommener Wahrung des Feinbaues durch mineralische Stoffe ersetzt.

### **1. Fossilien mit mehr oder minder weitgehender Erhaltung ihrer ursprünglichen organischen Substanz.**

#### **a) Verkohlung.**

Dieser Vorgang spielt bei der Entstehung von Fossilien — im Gegensatz zu der gleich zu besprechenden Inkohlung — nur eine sehr untergeordnete Rolle. Man versteht unter Verkohlung jene Vorgänge, bei denen sich aus Holz oder anderen pflanzlichen Stoffen die Holzkohle bildet (entsprechend auch die Tierkohle). Das bekannteste Beispiel dafür ist das Kohlenbrennen im Meiler. Ein ganz ähnliches Ergebnis erzielt man aber auch durch Behandlung von Holz mit starken Säuren. Die Holzkohle besteht — im Gegensatz zu den Mineralkohlen — zum größten Teil aus elementarem Kohlenstoff. Eine gewisse Menge organischer Verbindungen enthält allerdings auch sie.

Fossilien, die in Holzkohle verwandelt sind, können zunächst in den jüngsten Erdschichten vorkommen, wo sie auf die Tätigkeit des Menschen zurückgehen, beispielsweise an den Lagerplätzen eiszeitlicher Jäger. Da die Holzkohle der Verwesung viel besser widersteht als das Holz, und oft den Feinbau sehr gut bewahrt hat, können solche Kohlenreste wichtige Aufschlüsse über den Pflanzenwuchs und damit über das Klima zur Zeit einer bestimmten Kultur geben.

Holzkohlen, die in tertiären Braunkohlenflözen auftreten, mögen vielleicht von Waldbränden herrühren. Sie sind nicht besonders häufig. Gelegentlich kommen Holzkohlen auch in vulkanischen Aschen vor, die beim Absatz noch heiß waren.

Viel verbreiteter sind sie in den Steinkohlen. Man nimmt allgemein an, daß sie hier nicht auf Brände zurückgeführt werden können. Diese müßten an manchen Stellen fast alljährlich gewütet haben, was bei dem zweifellos recht feuchten Klima der Steinkohlenwälder wohl ausgeschlossen ist. Auch die Vermutung einer Verkohlung durch Schwefel-

säure, die aus zersetztem Schwefelkies entstanden wäre, ist gegenwärtig verlassen. Die ganze Frage ist überhaupt noch ungeklärt. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Holzkohle, die als Einlagerung in Steinkohlenflözen auftritt, von Stellen stammt, an denen die Ausgangsstoffe schon bei Beginn der Inkohlung (siehe unten) eine abweichende Beschaffenheit hatten. Man dachte an zeitweise Austrocknung mancher Teile der Steinkohlenmoore, an starke Erwärmung infolge von Gärung ähnlich wie bei der Selbstentzündung des Heus, aber auch an eine Eigentümlichkeit bestimmter Pflanzenarten, wie mancher Gymnospermenhölzer, die sich der Verrotfung gegenüber anders verhalten hätten als die Hauptmasse der Steinkohlenpflanzen. Sicher ist, daß die holzkohlenartigen Lagen oft innerhalb von strukturlosen Steinkohlenflözen den Bau der alten Pflanzen recht deutlich zeigen. Ob sie übrigens in chemischer Hinsicht mit der Meilerholzkohle ganz übereinstimmen, scheint noch keineswegs geklärt.

### b) Inkohlung.

Sie ist eine unvergleichlich wichtigere und verbreitetere Erscheinung als die eben besprochene Verkohlung. Die überwiegende Masse der Braun- und Steinkohlenflöze ist durch diesen Vorgang entstanden. Die meisten sog. Pflanzenabdrücke, die als dunkle Figuren auf Schieferflächen u. dgl. so häufig sind, bestehen aus dünnen Kohlenhäutchen, sind also keineswegs wirkliche Abdrücke, sondern enthalten noch einen Teil des Stoffbestandes der lebenden Pflanze. Z. B. Fig. 435. Man versteht unter Inkohlung die ganze Reihe der Vorgänge, durch die aus dem Zell- und Holzstoff zunächst Torf, dann Braunkohle und Steinkohle wird. Diese Umwandlung spielt sich nur ab, wenn die Sauerstoffzufuhr durch Wasser- oder Gesteinsbedeckung gehemmt ist, so daß die Pflanzenreste nicht vollständig verwesen können. Ein Teil der in den Ausgangsstoffen für die Kohlenbildung vorhandenen Elemente geht bei der Inkohlung in einfache gasförmige Verbindungen über, besonders Grubengas oder Methan und Kohlensäure. Diese Gase entweichen. Der verbleibende Rest wird dabei immer kohlenstoffreicher, wie aus der folgenden Zahlentafel hervorgeht:

Durchschnittliche Zusammensetzung verschiedener Brennstoffe. (Nach O. Stutzer.)

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
	%	%	%	%
Holzfasern . . . . .	50	6	43	1
Torf . . . . .	59	6	33	2
Braunkohle . . . . .	69	5,5	25	0,8
Steinkohle . . . . .	82	5	13	0,8
Anthrazit . . . . .	95	2,5	2,5	Spur

Im Gegensatz zur Verkohlung entsteht jedoch auf diesem Wege kein freier Kohlenstoff. Auch die Steinkohle enthält dieses Element nur in chemischer Verbindung. Zur Bildung von Graphit kommt es scheinbar nur durch besondere Vorgänge, die von der gewöhnlichen Inkohlung abweichen.

Der Erhaltungszustand der inkohlten Pflanzenreste ist ein sehr verschiedener. Ist die Veränderung noch sehr wenig fortgeschritten, wie bei vielen geologisch jungen Hölzern, Früchten u. dgl., so kann man den Feinbau oft so wie an rezenten Pflanzen untersuchen. Tertiäre Baumstämme lassen sich manchmal wie frisches Holz mit dem Messer schneiden und so für die mikroskopische Untersuchung herrichten. In den quartären Mergeln von Tarent kann man die Algenklassen noch nach der Färbung unterscheiden. Schreitet die Inkohlung weiter vor, so werden die Gewebe der Pflanzen größtenteils zerstört. Doch gibt es einzelne Teile, die sich als äußerst widerstandsfähig erweisen und oft sogar an Resten aus der Steinkohlenzeit noch gut mikroskopisch zu untersuchen sind, wie besonders die Oberhaut der Blätter und Zweige (Fig. 1), die Hüllen der Sporen oder Pollenkörner, manche Gefäße usw.



Fig. 1.  
Epidermis der Unterseite eines Blattes  
von *Dicotylophyllum neglectum*  
Florin, mit Spaltöffnung. Oligocän von  
Flörsheim am Main. 1100 : 1.

Die Ursache der günstigen Erhaltung ist meist eine besondere chemische Beschaffenheit des lebenden Gewebes (Cuticularisierung, Wachsreichtum). Um solche Teile zu befreien und durchsichtig zu machen, behandelt man kleine Stücke der kohligen Pflanzenreste mit Chlornatron (Eau de Javelle) oder einer Mischung von Kaliumchlorat und Salpetersäure (Schulze'sche Flüssigkeit,  $\text{KClO}_3 + \text{HNO}_3$ ). Man kann sie dann unter dem Mikroskop wie Präparate lebender Pflanzen untersuchen und viele für die Bestimmung wichtige Merkmale, die Gestalt der Oberhautzellen, die Form und Anzahl der Spaltöffnungen (Fig. 1), etwa vorhandene Haare

u. dgl. erkennen. Auch in festen Steinkohlen kann man auf diese Weise zahlreiche geformte Pflanzenreste nachweisen. Sonst ist an diesen die Zusammensetzung aus Pflanzenresten ja meist nicht unmittelbar zu sehen. Doch gibt es Flöze, die schon äußerlich aus zahlreichen, kreuz und quer liegenden Baumstämmen, hauptsächlich von Bärlappgewächsen (*Lepidodendren* und *Sigillarien*) bestehen. In Oberschlesien scheinen sie besonders häufig zu sein. Alle inkohlten Pflanzenreste sind wegen des starken Massenverlustes während der chemischen Veränderungen und wegen des Druckes der überlagernden Schichten, der den umschließenden Torf oder Ton zusammenpreßt, stark flachgedrückt.



Als eine Besonderheit ist hier noch die sog. Blätterkohle oder Hautkohle, die im russischen Gouvernement Tula südlich von Moskau auftritt, zu erwähnen. Sie besteht fast nur aus papierartigen, dunkelbraunen Oberhautfetzen von Bothrodendraceenstämmen, die so lose verbunden sind, daß sie vom Wind auseinandergeblasen werden können, und so wenig verändert, daß sie sich fast wie frische Gewebe färben lassen. Dem Aussehen und dem chemischen Verhalten nach erinnert diese Kohle an Braunkohle. Sie gehört aber dem Unterkarbon, also dem ältesten Schichtglied, in dem überhaupt bauwürdige Flöze auftreten, an.

Inkohlte Pflanzenreste bilden in feinkörnigen Tonen, Schiefen oder Mergeln recht oft den Kern von Konkretionen, rundlicher Massen von Limonit, Kalk od. dgl. Die aus dem Fossil sich entwickelnden Verbindungen wirken auf die Lösungen, die das Gestein durchziehen, als Fällungsmittel ein. Die Erhaltung ist in diesen Konkretionen oft eine besonders gute.

Nicht nur höhere Pflanzen, sondern auch größere skelettlose Algen liegen oft als inkohlte Reste vor. Dagegen scheint die Vermutung, daß aus großen Massen von diesen auch Glanzkohlen entstehen können, kaum je zuzutreffen.

### c) Bituminierung.

Sie unterscheidet sich von der Inkohlung hauptsächlich dadurch, daß der Luftabschluß infolge Wasserbedeckung von Anfang an ein vollständigerer ist. In der Regel ist der Ausgangsstoff, der Faulschlamm, auch verhältnismäßig fettreich. Algen, Sporenexine, Pollenkörner u. dgl. sind in den durch die Bituminierung entstehenden Faulkohlen oft ausgezeichnet erhalten. Die verschiedenen Bogheads, besonders aber die eozänen Ölschiefer der westlichen Vereinigten Staaten sind bekannte Beispiele dafür. In diesen sind sogar die Chromatophoren mancher Algen noch zu sehen.

## 2. Abdrücke, Abgüsse und Steinkerne.

### a) Abdrücke.

Über sie können wir uns nach dem, was schon auf S. 3—4 gesagt wurde, kurz fassen. Der Abdruck zeigt auf der Bruchfläche des Gesteins ein Negativ des ehemaligen Pflanzenteiles, während dieser selbst ganz verschwunden ist. Vergl. z. B. Fig. 230. Der Zeitpunkt, zu dem die Substanz der Pflanze zerstört wurde, kann ganz verschieden sein. Manchmal wird sie in wenigen Jahren vollständig verwest sein, wie in den jungen Kalktuffen oder Travertinen des Süßwassers. In anderen Fällen mag sie zuerst inkohlt worden und erst viel später, nach allerhand mineralogischen Veränderungen, ganz verschwunden sein. Schließlich kann man jeden inkohltten Blattrest künstlich in einen Abdruck verwandeln, indem man die Kohlenschicht mit der Präpariernadel absprengt. Sehr oft haftet

die Kohle beim Spalten des Gesteins von selbst nur auf einer Seite, während auf der Gegenseite ein Abdruck erscheint.

Reine Abdrücke werden sich meist nur in ziemlich durchlässigen Gesteinsmassen finden. In dichten, wie Schiefen, wird in der Regel eine gewisse Menge Kohle zurückbleiben. Ist das umgebende Gestein ein Kalk, etwa — wie oben erwähnt — ein Süßwassertuff, so gelingt es manchmal, die von den Pflanzen zurückgelassenen Hohlräume mit Wachs auszufüllen und das Gestein dann in Salzsäure aufzulösen. Man erhält auf diese Weise sehr schöne positive Abgüsse der verschwundenen Pflanzen. Die eozänen Kalke von Sézanne östlich von Paris (vergl. Fig. 137—145) sind das bekannteste Vorkommen, das sich für dieses Verfahren eignet. Auch die wesentlich jüngeren Tuffe von Meximeux bei Lyon und von Cannstatt bei Stuttgart lassen sich ähnlich behandeln.

Ein merkwürdiger Fall der Bildung von Pflanzenabdrücken sind die Einschlüsse in Bernstein. Die Harztropfen der eozänen Nadelbäume umflossen wie die der heutigen nicht selten kleine Tiere oder Pflanzenstückchen, die auf ihnen haften blieben oder der Rinde schon aufsaßen. Diese Fossilien erscheinen im Bernstein in dunkler Farbe, aber ganz in ihrer ursprünglichen Form. Es handelt sich jedoch, wie man sich durch Auflösen der umgebenden Masse überzeugen kann, in der Regel nur um einen Hohlraum, der mit einer äußerst dünnen Kohlschicht ausgekleidet ist und deshalb dunkel erscheint. Der Schutz durch die harzige Umhüllung ist eben in den meisten Fällen doch nicht genügend, um das allmähliche Verwesens der Einschlüsse zu verhindern.

#### b) Natürliche Abgüsse.

Es ist nicht weiter erstaunlich, daß der Hohlraum, der bei den echten Abdrücken an Stelle der Pflanzenreste vorhanden ist, nachträglich oft ausgefüllt wird. Wenn es gelingt, diese Ausfüllung aus dem umgebenden Gestein zu lösen, hat man ein positives Abbild des ursprünglichen Restes vor sich, in dem aber von der Substanz der Pflanze und von ihrem Feinbau nichts mehr erhalten ist. Die Sache verhält sich also genau so, als ob ein Gipsabguß des Pflanzenteiles gemacht worden wäre (vgl. auch die oben erwähnten Wachsausgüsse solcher natürlicher Hohlräume). In den Lehrbüchern wurde für diese Art der Erhaltung oft der Name »Steinkern« gebraucht. Wir werden im nächsten Abschnitt sehen, daß man darunter zunächst etwas ganz anderes, nämlich den Ausguß von Hohlräumen im Pflanzenkörper versteht. Es empfiehlt sich nicht, zwei so verschiedene Dinge gleich zu benennen.

Der Hohlraum im Gestein kann entweder dadurch ausgefüllt werden, daß weiche Sedimentmasse von oben her durch Öffnungen eindringt, oder dadurch, daß Minerale aus Lösungen niedergeschlagen werden. In diesem zweiten Fall könnte man wohl schon von einer Pseudomorphose sprechen (vgl. S. 4). Von den unten zu behandelnden echten Versteinerungen weicht ein solches Gebilde durch das Fehlen

jeder inneren organischen Struktur ab. Da diese aber auch aus anderen Gründen nicht erhalten sein kann, wird die Unterscheidung im einzelnen Fall nicht immer leicht sein.

Die mechanische Ausfüllung geschieht am öftesten durch Sand. Man kennt mehrere Beispiele, in denen das ganze Wurzelsystem von karbonischen Bärlappgewächsen (die Stigmarien) in Form von Sandstein erhalten ist. Fig. 336. Manchmal kann man nachweisen, daß diese Masse mit der einer höheren Gesteinsbank, an der das Fossil endet, vollkommen übereinstimmt. Der Vorgang war hier offenbar der, daß zunächst die Wurzeln und der untere Teil des Stammes von Sediment eingehüllt wurden. Dann stand die Aufschüttung eine Zeitlang still. Die Pflanze verweste vollständig. Das umhüllende Gestein war inzwischen hinlänglich erhärtet, daß es nicht in die Hohlräume nachsank. Als dann eine nächste Schicht abweichenden Sedimentes abgelagert wurde, drang dieses unter Mithilfe des Wassers in alle die Hohlräume ein.

Für die Bildung von Abgüssen durch aus Lösungen gefällte Stoffe seien ebenfalls einige Beispiele genannt. Im Buntsandstein ist die Kohle von Blattresten oft durch Roteisenerz ersetzt. In dunklen karbonischen Schiefnern der Tarentaise (Savoien, französische Alpen) findet man Farnblätter, die in weißen Talk verwandelt sind. Fig. 2. Häufig sind die Hohlräume durch Schwefelkies ausgefüllt. Doch führt uns dies schon zu den echten Versteinerungen hinüber. Oft werden die Fällungen aus Lösungen nicht unmittelbar an die Stelle der unveränderten Pflanze treten, sondern an die ihres inkohlten Restes, dessen Dicke bereits stark abgenommen hat. Das ist bei der Untersuchung zu berücksichtigen. Bei den Abgüssen durch mechanische Sedimente dürfte es weniger in Betracht kommen. Dieser Vorgang muß sich ja verhältnismäßig bald, weil knapp unter der Oberfläche abspielen.

Eine besonders merkwürdige Art der Abformung von Pflanzen durch das umgebende Gestein ist der halbseitige Abguß. Der Rest erscheint dabei auf der Unterseite einer Gesteinsplatte als erhabenes Relief, läßt sich

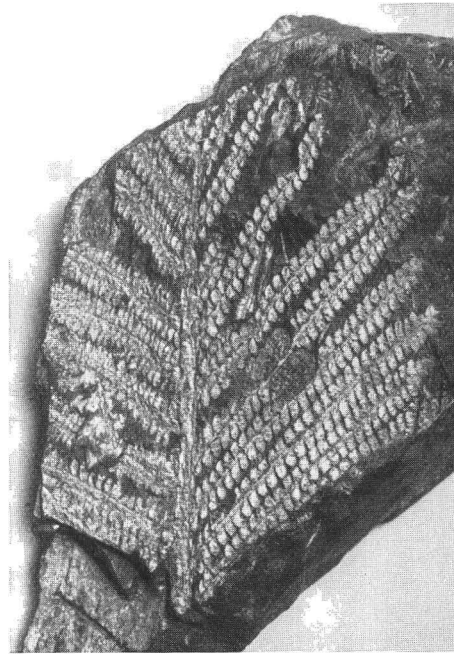


Fig. 2.

In Talk verwandeltes Farnblatt (*Neuropteris alpina* Sternberg), etwas verkleinert. Oberkarbon. Moutiers, Savoyen.

aber von ihr nicht ablösen, sondern geht ohne Grenze in sie über. Auf der Oberseite der nächst tieferen Platte entspricht ihm ein negativer Abdruck. Zur Erklärung dachte man in erster Linie daran, daß fleischige Pflanzenteile, die im Gestein eingeschlossen sind, ganz verwesen können, während die deckende Schicht noch weich ist. Dann wird diese nachsinken und den in der unteren Platte vorhandenen Abdruck

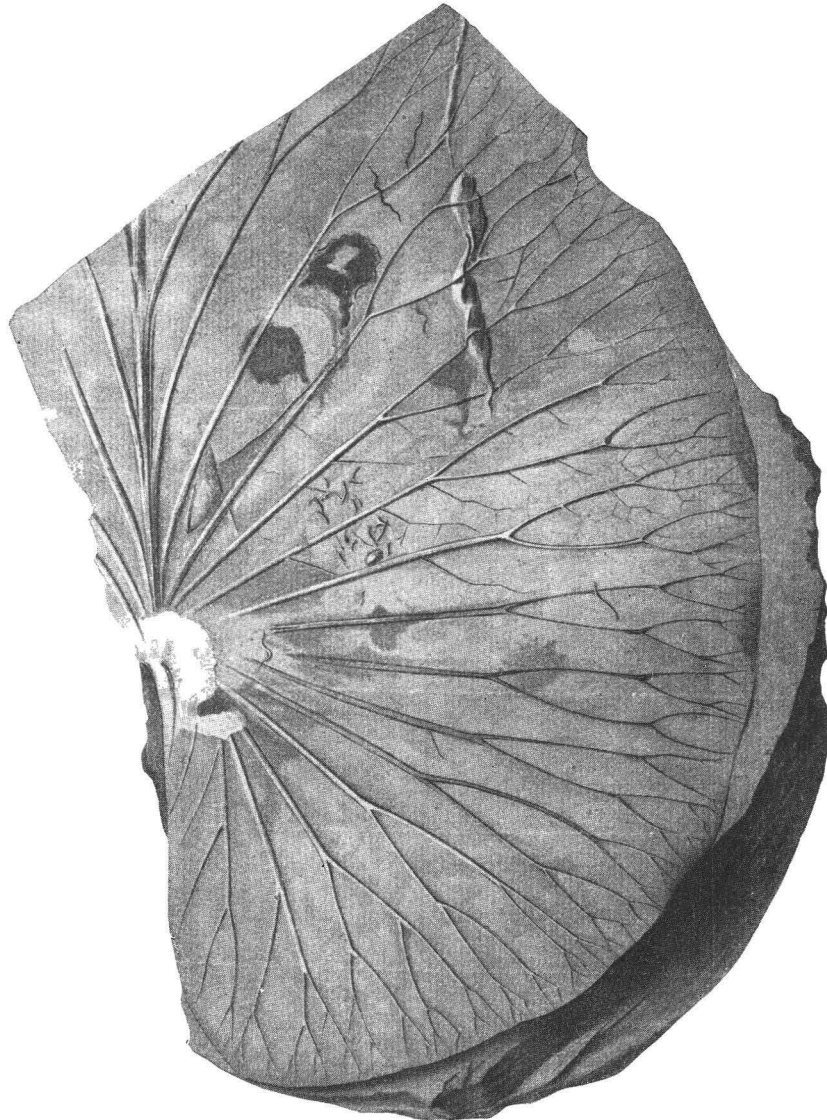


Fig. 3.

Blattabdruck von *Nymphaea Dumasii* Sap. aus dem Oligozän von Alais (Gard), Frankreich, etwas verkleinert. (Aus Saporta, 1884.)

schließlich ausfüllen. Von manchen wurde für möglich gehalten, daß Zweige sich einem weichen Schlamm durch ihr eigenes Gewicht eindrücken, später aber vom Wind weggeblasen werden. Wenn die Schlammfläche hernach von einem anderen Sediment bedeckt wird, muß ein Halbreliet entstehen. Endlich wäre denkbar, daß weiche Hangendschichten durch eine vorübergehende Abtragung samt den an ihrer Basis liegenden Pflanzenresten entfernt werden, während eine mehr verfestigte Gesteinsbank mit den Abdrücken dieser Reste erhalten bleibt und später wieder zugedeckt wird. Alle diese Vorstellungen sind, wenn man sie genauer durchzuführen versucht, recht schwierig. Meine Auffassung weicht von der der meisten Lehrbücher etwas ab.

Die Fälle, die von dem hauptsächlichsten Verfechter des Vorkommens halbreitiger Erhaltung von Pflanzenresten, dem Marquis de Saporta, als Beispiele angeführt werden, sind, wenn man sie nach ihrer Beweiskraft ordnet, folgende vier:

a) Seerosenblätter in oligozänen Süßwasserablagerungen von Alais, Dép. Gard, Frankreich. Fig. 3. So weit sich aus den Abbildungen urteilen läßt, wurden nur (?) Abdrücke der Unterseite beobachtet. Sie zeigen die Blattnerven in ausgezeichneter Weise. Ich möchte vermuten, daß es sich hier um ungewöhnlich stark entwickelte Kalkkrusten handelt (vergl. S. 2), die sich schließlich lösten, flach zu Boden sanken und von Sediment bedeckt wurden. Daß die Erhaltung in diesem Fall nur einseitig sein kann, versteht sich von selbst. Saporta erwähnt, daß die Abdrücke stellenweise einen dünnen Kalzitüberzug tragen. Das mag ein umkristallisierter Rest der Kalkkruste sein.

b) Teile der Wurzelstücke von Seerosen mit den Narben der Blätter und Wurzeln. Der Abdruck hat manchmal noch einen dünnen kohligen Überzug. Schon Graf Solms-Laubach hat vermutet, daß es sich hier um losgelöste dünne Rindenlagen von Stämmen handelt, die im übrigen vollständig verwest waren. Die bruchstückweise Erhaltung geht auch aus der Urbeschreibung hervor. Eine Klärung könnten nur besonders darauf gerichtete Untersuchungen an heutigen Standorten von Seerosen bringen. Bekannt ist, daß gerade die kurz gestielten submersen Blätter der Seerosen am reichlichsten Kalk fällen. Es wäre zu fragen, ob diese Verkalkung nicht auf die benachbarten Stammteile übergreift.

c) Beblätterte Zweige von Nadelbäumen (*Pachyphyllum*, *Brachyphyllum*) aus marinen lithographischen Kalken des Kimmeridge von Cerin im Juragebirge. Fig. 4. Die pflanzliche Na-

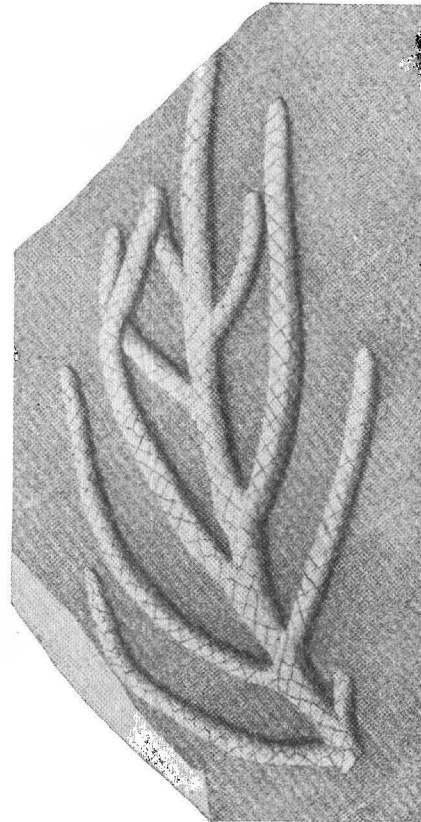


Fig. 4.

*Brachyphyllum gracile* Brongn. aus dem Oberjura von Cerin im Juragebirge. (Aus Saporta, 1884.)

tur dieser Reste ist wohl nicht über jeden Zweifel erhaben. Sichere Kriechspuren sind Koniferenzweigen manchmal außerordentlich ähnlich. Bezeichnend ist wohl auch, daß die besprochenen Fossilien anfangs für Algen gehalten wurden.

d) Die große Masse der sog. Hieroglyphen oder problematischen Pflanzenreste, z. B. Fig. 5. Ich glaube nicht, daß sich unter ihnen wirkliche Pflanzen befinden. Es handelt sich vielmehr um Fährten, Fließwülste usw.



Fig. 5.

*Saportia striata* Squin. 1 : 2. (Aus Squinabol, 1891.) Eozän.  
Madonna del Monte bei Genua.

Es scheint mir demnach nicht sicher bewiesen, daß ein in das Gestein eingeschlossener Pflanzenkörper durch spätere Vorgänge zu einem halbseitigen Abguß werden kann.

#### e) Steinkerne oder Ausgüsse.

Das Wesen der Steinkerne wurde schon oben (S. 10) auseinandergesetzt. Der Hohlraum, der von Sediment erfüllt wird, kann schon in der lebenden Pflanze vorhanden gewesen sei. Man denke etwa an die Stengel des Schilfrohres oder des Bambus. Ähnlich verhält es sich wahr-

scheinlich — wenigstens bis zu einem gewissen Grad — mit den Kalamiten, deren Steinkerne ja zu den häufigsten pflanzlichen Fossilien der Steinkohlenzeit gehören. Fig. 494. Die Furchen auf ihnen entsprechen den Gefäßbündeln, der ausgefüllte Hohlraum liegt also in der Markregion. Dasselbe gilt von den als *Artisia* oder *Sternbergia* bekannten eigentümlichen Fossilien. Fig. 6. Es sind zylindrische Gesteinskörper mit zahlreichen ringsum laufenden Furchen. Sie entstanden durch Ausfüllung des Hohlraumes im Mark der Kordaiten. Dieser war durch viele Querwände unvollständig geteilt, ähnlich wie auch bei mehreren lebenden Pflanzen, dem Walnußbaum, manchen Föhrenarten und anderen.

In sehr vielen Fällen entstand die auszufüllende Höhlung erst durch Verwesung gewisser innerer Teile der Stämme, Wurzeln oder Früchte. Gerade bei den Bäumen älterer Zeit scheint dieser Vorgang besonders häufig gewesen zu sein, wohl deshalb, weil bei vielen von ihnen der Holzkörper wenig entwickelt und der Stamm hauptsächlich durch harte Rindengewebe verfestigt war. Es wird nicht überflüssig sein, einige solche Steinkerne flüchtig kennen zu lernen. Oft finden sie sich beispielsweise als Erhaltungsform der *Lepidodendren* und *Sigillarien*. Besonders

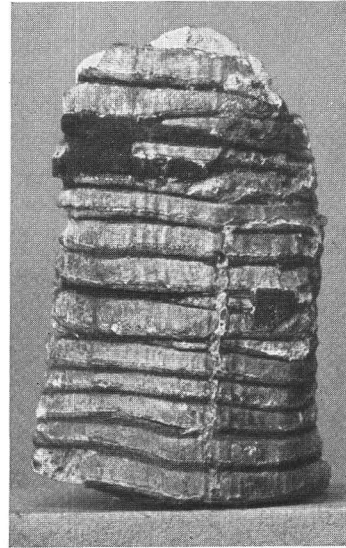


Fig. 6.  
*Artisia transversa* Sternbg. Oberkarbon. Chomle bei Radwitz, Böhmen.

bei jenen sind die Verhältnisse recht verwickelt. Ihre sehr dicke Rinde bestand aus einer ganzen Anzahl verschieden gebauter Lagen, die sich voneinander loslösen konnten. War nur mehr die alleräußerste Rindenschicht vorhanden, dann sind die Skulpturen auf dem Steinkern denen auf der Außenfläche eines inkohlten Stückes oder eines Abgusses sehr ähnlich. Fig. 259. Man bezeichnete sie früher mit dem Gattungsnamen *Bergeria*. Etwas tiefer im Inneren dürften die sog. *Aspidarien* liegen, bei denen die einzelnen Blattpolster nur mehr verschwommen zu sehen sind und von den feineren Marken der Außenfläche des Stammes das Gefäßbündel allein noch zu erkennen ist. Die eigentümlichen Knorrien, (Fig. 260) auf deren Oberfläche man zahlreiche sehr steil nach oben verlaufende Gefäßbündel sieht, gehören als Steinkerne zu einem noch tieferen Teil der *Lepidodendron*rinde (und wohl auch zu anderen Gattungen). Wenn man bedenkt, daß allen diesen verschiedenen Steinkernen selbstverständlich Abdrücke entsprechen, daß ferner das Alter der Pflanze und ihre mehr oder weniger frische Beschaffenheit zur Zeit der Einbettung weitere Unterschiede bedingen, wird es einen nicht wundern, zu hören, daß Reste, die man jetzt zu einer einzigen Art, *Lepidodendron Velt-*



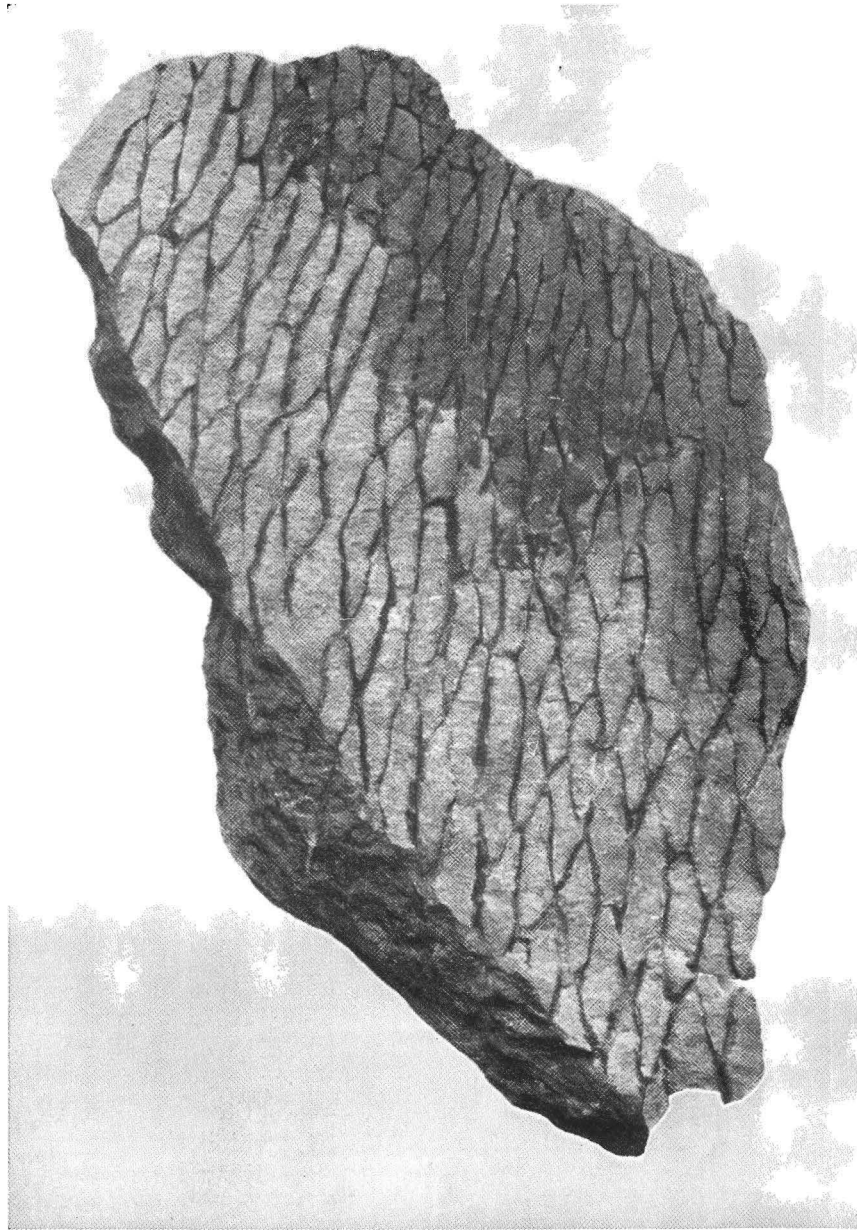


Fig. 7.

Rinde von *Eospermatopteris textilis* Dawson spec. aus dem Oberdevon, Giboa, New York. (Aus Goldring, 1924.)

heimianum (Fig. 227—230), rechnet, unter 28 verschiedenen Namen beschrieben worden sind.



Eine häufige Verzierung der Oberfläche von Steinkernen ist die sog. Diktyoxylon-Rinde. Sie besteht aus maschen- oder netzartig angeordneten Furchen. Fig. 7. Es hat sich gezeigt, daß diese Strängen von sklerenchymatischen Zellen entsprechen, die offenbar die Aufgabe hatten, den Stamm gegen Knickung zu schützen. Man findet diese Einrichtung bei ganz verschiedenen Pflanzen, bei Sigillarien, aber auch bei Pteridospermen, wie *Lyginopteris* und *Eospermatopteris*.

Die zuletzt erwähnten Steinkerne entsprechen Ausfüllungen von Hohlräumen, die von der Rinde umgeben waren. Es kommt aber auch vor, daß nur das Mark verwest war, daß also der Steinkern ein Ausguß eines Hohlraumes in der Mitte des Holzkörpers ist. So scheint die Gattung *Tylo dendron* aus dem russischen Perm der Ausguß des Markes eines *Araukaria*-ähnlichen Nadelbaumes zu sein.

#### d) Zellsteinkerne.

Ebenso wie die Abgüsse können auch die Steinkerne sowohl durch Einschwemmung von Ton oder Sand, als durch chemische Fällung entstehen. Dieser letztere Vorgang kann sich jedoch nicht nur innerhalb größerer Hohlräume, sondern auch innerhalb der einzelnen Zellen eines Pflanzengewebes abspielen. Die Zellmembranen können dabei als kohlige Häutchen erhalten bleiben oder auch ganz verschwinden. Solche Fossilien sind meist sehr mürb, zerbrechlich und schwer aufzubewahren. Die Steinkerne zeigen auf ihrer Oberfläche oft bezeichnende Verzierungen, die Abdrücke der Tüpfel, Membranverdickungen usw. der Zellen und Gefäße.

In einzelnen Fällen tritt Schwefelkies in dieser Gestalt auf. Die in Kupferglanz erhaltenen Ullmannienzweige aus dem Perm von Frankenberg in Hessen, bekannt als »Frankenberger Kornähren«, zeigen wenigstens stellenweise diese Art der Erhaltung. In einigen Gegenden kennt man Ton als Ausfüllung der Zellräume von Hölzern, so in den vulkanischen Tuffen des Kaiserstuhls am Rhein (Baden), auch in karbonischen Schichten Böhmens (Chomle bei Radnitz) und Westgaliziens (Niedzielisko bei Jaworznow). Man muß sich offenbar vorstellen, daß das Tonerdesilikat in solchen Fällen aus Lösungen niedergeschlagen worden ist, da es in die Zellen ja nicht eingeschwemmt werden konnte. In schwefelführenden Pliozänschichten bei Altavilla (Provinz Benevent, Italien) findet man Holzstücke, deren Zellen und Gefäße mit gediegenem Schwefel ausgefüllt sind. Häufiger enthalten die Zellen natürlich die gewöhnlichsten versteinernenden Minerale, Kalk, Dolomit, Eisenspat und Kieselsäure. Es ist nicht selten möglich, die Zellsteinkerne ganz auseinanderzunehmen und einzeln zu untersuchen. Man bezeichnet diese zarten Körper gewöhnlich als *Spiculae*. Fig. 8. Brauneisenausfüllungen sind wohl auf Umwandlung von Eisenkies, Roteisenstein auf Eisenspat zurückzuführen. Hält die Mineralzufuhr an, nachdem die Zellwände ganz zerfallen sind, so werden die Zwischenräume zwischen den *Spiculae* all-

mählich ausgefüllt. Man kennt mehrere Fälle, in denen diese Ausfüllung eine unvollkommene ist, so daß den Zellwänden poröse Gesteinsstreifen entsprechen. Hierher gehören beispielsweise verkieselte Hölzer aus dem Perm von Autun im Departement Saône et Loire und aus dem Departement Allier. Von hier ist offenbar nur mehr ein kleiner Schritt zur Bildung einer einheitlichen, lückenlosen Kieselmasse.



Fig. 8.  
Steinkern einer  
Zelle aus der  
Wurzel des  
kretazischen  
Farnes *Rhizodendron  
oppolliense*  
Göpp. 120: 1.  
(Aus Seward,  
1898.)

Bevor wir zur Betrachtung dieser Versteinerungen im eigentlichen Sinn übergehen, muß jedoch noch kurz auf die lehrreichen Fälle hingewiesen werden, in denen rezente Hölzer den Beginn der Steinkernbildung in den Zellen zeigen. In römischen Bauten sind mehrfach Holzstücke gefunden worden, deren Zellen teilweise von Kalk ausgefüllt sind. Ich nenne z. B. antike Holzroste als Unterlage von Gebäuden in Bourbonnelles Bains (Departement Haute Marne) und Buchenholzstücke aus einer Wasserleitung in Eilsen unweit Bückeburg westlich Hannover. Die Verkalkung schreitet von einzelnen Mittelpunkten aus allseitig fort, hat aber in den erwähnten Fällen noch nicht die ganze Holzmasse durchdrungen. Dagegen waren in einem Eichenholz nicht genau bekannten Alters von Gera in Thüringen alle Zellen und Gefäße von Kalk erfüllt. Verkieselte werden rezente Hölzer gelegentlich in der Nachbarschaft heißer Kieselquellen. Im Yellowstone National Park ändert sich infolge des raschen Wachsens der Kieselterrassen häufig der Lauf des heißen Wassers. Dadurch werden Teile des benachbarten Waldes zum Absterben gebracht. Die entblätterten und entrindeten Stämme bleiben noch längere Zeit stehen. Das kieselensäurereiche Wasser wird in ihnen emporgesaugt und verdunstet weiter oben langsam. Dadurch werden die Hohlräume mit einer

anfangs weichen, später aber erhärtenden Kieselmasse ausgefüllt. Man hat daraus schließen wollen, daß alle verkieselten Hölzer in ähnlicher Weise entstanden seien. Doch ist dies gewiß nicht richtig. In vielen Fällen ist die Verkieselung offenbar erst erfolgt, nachdem der Pflanzenrest schon von Sediment bedeckt war.

Nicht ohne Bedeutung sind die Versuche, die Zellen von Pflanzen auf künstlichem Wege mit Mineralien auszufüllen. Es ist dies schon mit einer Reihe von Stoffen gelungen, beispielsweise mit Eisenoxyd durch Einlegen in eine Eisensulfatlösung, auch mit verschiedenen Edelmetallen, besonders mit Silber nach einjähriger Aufbewahrung in konzentrierter Lösung von salpetersaurem Silber. Künstliche Verkieselung wird manchmal angewendet, um verkohlte Holzreste besser mikroskopisch untersuchen zu können. Man legt sie mehrere Wochen in eine Mischung von Wasserglaslösung und Salzsäure und zerstört hierauf die Zellwände durch

eine Lauge. Auf diese Art erhält man Steinkerne der Zellen mit Abdrücken aller Verzierungen der Zellwände.

Nicht immer bleibt bei der Ausscheidung von Mineralen im Inneren pflanzlicher Gewebe die Struktur erhalten. Die amorphe Kieselsäure wird sich der fremden Form am leichtesten anpassen. Die Karbonate aber entwickeln sich, wenn ihre Kristallisationskraft groß ist und die Zellwände schon stark erweicht sind, zu automorphen Gebilden statt zu Pseudomorphosen. Es entstehen Kristalldrüsen oder radialfaserige, oolithähnliche Konkretionen, an deren Außenseite die unkenntlichen Reste der organischen Substanz zusammengeschoben werden.

### 3. Echte Versteinerungen.

In der Phytopaläontologie versteht man unter »Versteinerung« im engeren Sinn ein Fossil, in dem die Pflanzensubstanz unter Wahrung des Feinbaues nach Art einer Pseudomorphose durch ein Mineral ersetzt ist. Größere Hohlräume bleiben dabei manchmal offen. Die Zellen sind aber wohl immer ausgefüllt. Wir haben schon gesehen, daß diese Art der Fossilisation sich aus der Steinkernbildung in den Zellhohlräumen entwickeln kann. In der Tat scheint dies die Regel zu sein. Damit die Struktur sichtbar bleibt, muß man im Dünnschliff jene Mineralmasse, die die Zellwände ersetzt, von der unterscheiden können, die die Zellräume ausfüllt. Fast immer erscheinen die Zellwände dunkler als der Zellinhalt, offenbar deshalb, weil das Mineral dort feinverteilte inkohlte Reste von Zellstoff oder Holzstoff enthält. In manchen Fällen sind die Membranen sogar verhältnismäßig wenig verändert, aber ganz von Mineralmasse durchtränkt. Freilich wird man die obige Regel hier ebensowenig gedankenlos anwenden dürfen, als bei den Kalkalgen (S. 3). Vor allem ist nicht ohne weiteres sicher, daß die dunklen Linien im Schliff genau die gleiche Breite haben, wie die ursprünglichen Zellwände. Es können da



Fig. 9.  
Längsschnitt durch verkieseltes Koniferenholz. Miozän,  
Arka, Ungarn. 1 : 4·5. Aus Schaffer, 1915.

mannigfache Verschiebungen der Verhältnisse vorkommen, Auflagerung kohligter Reste, die aus dem Zellinhalt stammen, aber auch Verdünnungen infolge Schwindens der Membranen vor der Mineralisation.

Die Stoffe, die versteinern aufzutreten, sind wieder sehr mannigfaltig. Am verbreitetsten ist wohl Verkieselung. Die Kieselsäure findet sich bald wasserhältig als Opal, bald als Chalzedon oder in anderen Modifikationen. Weitaus am häufigsten findet man verkieselte Hölzer (Fig. 9), seltener Blätter, Blüten, Sporangien. Berühmte Fundstellen

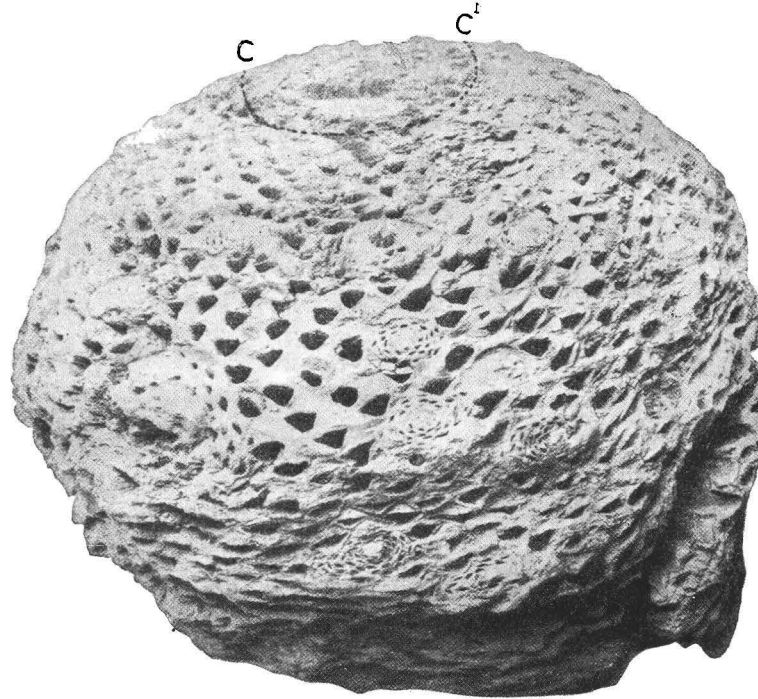


Fig. 10.

Verkieselter Stamm von *Cycadeoidea colossalis* Ward aus der Unterkreide der Black Hills, South Dakota, Nordamerika. 1:5. C — C' = Stelle, an der die Blattkrone entsprang. (Aus Scott, 1924.)

solcher zarterer Pflanzenteile sind beispielsweise das Oberkarbon von Grand' Croix bei St. Étienne (Departement Loire, Südfrankreich), das Rotliegende von Sachsen (Chemnitz und Plauenscher Grund bei Dresden) und von Autun (Departement Saône et Loire, Ostfrankreich). Eigentümliche verkieselte Blätter von weißer Farbe sind aus den Gondwanaschichten Indiens bekannt gemacht worden. Von den vielen Örtlichkeiten, an denen verkieselte Stämme vorkommen, seien genannt: Das Perm der Gegend von Koburg und von Slatin bei Radowenz in Böhmen, Oberjura und untere Kreide der Black Hills in South Dakota und Wyoming, Nordamerika (vergl. Fig. 10), das Eozän von Mokattam bei Kairo, das Miozän von Arka in Ungarn (Fig. 9), die pliozänen Schotter der

Umgebung von Wien. Sehr viel hat endlich das Vorkommen verkieselter Pflanzen von Rhynie bei Aberdeen in Schottland in den letzten Jahren von sich reden gemacht. (Vergl. S. 149ff.). Es handelt sich hier um eines der ältesten Lager fossiler Landpflanzen, das wahrscheinlich dem unteren Mitteldevon angehört. Die dortigen Arten, hauptsächlich Psilophytales, wuchsen auf feuchtem Boden, teilweise vermutlich ganz untergetaucht im Wasser, und bauten ein Torflager auf. Bevor die Vertorfung aber noch wesentlich fortschreiten konnte, wurde die ganze Masse — vielleicht durch die Einwirkung des Wassers heißer Quellen — verkieselt. Der innere Bau der Pflanzen ist vorzüglich erhalten, aber auch ihre äußere Form ist gut zu erkennen, weil die bis mehrere dm langen Stengel oft unverletzt vorliegen. Es ist dies ein recht seltener Fall, der es mit sich bringt, daß gerade diese ältesten Landpflanzen zu den am besten allseitig bekannten gehören. Verkieselte Weichkörper von Thallophyten gehören zu den Ausnahmen. Das wichtigste Beispiel sind wohl die Prototaxiten aus dem Unterdevon. Fig. 77. In Rhynie kommen Reste von Algen und Pilzen vor. Fig. 120. Pilzhyphen finden sich auch sonst gelegentlich in verkieselten Hölzern.

Etwas weniger häufig, aber für die Kenntnis der fossilen Pflanzen ebenfalls außerordentlich wichtig sind die Fälle, in denen das Gewebe durch Karbonate ersetzt ist. Reiner Spateisenstein spielt eine geringe Rolle, dagegen sind kalkige und dolomitische Versteinerungen, meist mit einer gewissen Beimengung von Eisenerz, vielfach untersucht worden. Die folgenden Analysen zweier solcher Konkretionen aus dem mittleren Oberkarbon von Lancashire in England (nach Stopes und Watson) geben von der chemischen Zusammensetzung eine Vorstellung:

	I	II
Kalziumkarbonat, $\text{CaCO}_3$	51.188	87.827
Magnesiumkarbonat, $\text{MgCO}_3$	42.820	6.212
Eisenkarbonat, $\text{FeCO}_3$	2.342	1.026
Mangankarbonat, $\text{MnCO}_3$	0.521	0.853
Aluminiumoxyd, $\text{Al}_2\text{O}_3$	Spur	Spur
Kalziumphosphat, $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	0.525	Spur
Schwefeleisen, $\text{FeS}_2$	0.339	1.430
Tonerde	0.119	0.000
Organische Kohlenstoffverbindungen	1.855	2.579
Freies Wasser	0.264	0.100

Diese Minerale bilden meist unregelmäßige Knollen in gewissen Kohlenflözen, die nicht einem bestimmten einzelnen größeren Pflanzenrest entsprechen, sondern ein Haufwerk von Zweigen, Blättern, Früchten und Wurzeln umschließen. Die Reste sind oft nur teilweise in dem Knollen enthalten, während das Ende sich in der umgebenden Kohle verliert. Es kommt auch vor, daß man die Fortsetzung in einer benachbarten Konkretion wiederfindet. Die Knollen stellen also gewissermaßen erhaltene Ausschnitte aus einem alten Pflanzenlager dar, dessen Hauptmasse zu Kohle ohne deutliche organische Struktur umgewandelt wurde.

In Deutschland sind diese Gebilde als Torfdolomite bekannt, weil sie in Westfalen gewöhnlich aus Dolomit bestehen (wie der erste der oben analysierten englischen) und die wirr verfilzten Pflanzenreste die Ableitung von einem Torfschon äußerlich erkennen lassen (z. B. Fig. 251). Die Erfahrung lehrt, daß diese Knollen regelmäßig nur in solchen Flözen auftreten, die von marinen Schichten überlagert werden. Offenbar haben wir uns vorzustellen, daß aus diesen durch das Grundwasser Kalk ausgelaugt wurde, der in dem unterlagernden Torf wieder ausfiel. Daß der Torf noch frisch war, beweist die vorzügliche, unverdrückte Beschaffenheit vieler Reste. Nicht selten sind die Zwischenräume zwischen den Stengeln und Blättern, ja auch diese selbst, von Stigmarien, den Wurzeln einer etwas jüngeren Pflanzendecke, durchwachsen. Torfdolomite und Kalke fand man zuerst in England, in den Kohlenfeldern von Lancashire und Yorkshire. Später entdeckte man sie in Westfalen bei Langendreer und an anderen Orten, in Europa und auch in Nordamerika. Selten sind sie in Braunkohlen.

Nicht in einzelnen Knollen, sondern in ganzen Bänken treten Kalke, die mit versteinerten karbonischen Pflanzenresten erfüllt sind, bei Burntisland in Fifeshire nördlich Edinburgh und auf der Insel Aran, beides in Schottland, auf. Ihre Bildung scheint hier mit vulkanischen Vorgängen zusammenzuhängen.

Außer den genannten weitaus wichtigsten können auch viele andere Minerale gelegentlich echte Pflanzenversteinerungen mit erhaltenem Feinbau bilden, treten aber an Häufigkeit sehr zurück. So ist Holz in Flußspat, Gips, Phosphorit umgewandelt worden. Andere Fälle sind weniger geklärt. Es wird auch Schwefelkies, Kupferglanz, Schwer-  
spat usw. als Versteinerungsmittel genannt, doch ist nicht sicher, ob es sich da nicht um Abgüsse im Sinn von S. 10 handelt.

#### 4. Lebensspuren.

Außer durch erhaltene Teile von Pflanzen läßt sich deren früheres Vorkommen manchmal, ähnlich wie bei Tieren, durch sog. Lebensspuren nachweisen. Besonders bei niederen Formen, Pilzen und Algen, kommt dieser Fall nicht selten vor. Wenn man beispielsweise an den Knochen fossiler Wirbeltiere Krankheitserscheinungen auffindet, die heute nur durch Infektionen entstehen, kann man auf das frühere Vorhandensein gewisser schmarotzender Spaltpilze schließen (vgl. S. 33). In manchen verkieselten Hölzern beobachtet man bezeichnende Zerstörungen der Gewebe, die in der Gegenwart durch verschiedene Pilze hervorgerufen werden. Auch die Tätigkeit mancher Pflanzen als Gesteinsbildner ist hier zu nennen. So dürften gewisse Eisenerzlager und feinkörnige Kalke wenigstens zum Teil das Erzeugnis von Spaltpilzen sein. Zu den Lebensspuren kann man schließlich auch die Bohrgänge rechnen, die mehrere Gattungen von Algen und Pilzen in Kalksteinen, besonders aber in Kalkschalen von Tieren anlegen (vgl. S. 131). Manche von ihnen wären

vielleicht als Abdrücke zu bezeichnen, in vielen Fällen stimmt aber die Gestalt des Hohlraumes keineswegs mit der erzeugenden Pflanze überein.

### **C. Durch die Art der Erhaltung bedingte Schwierigkeiten bei der Untersuchung fossiler Pflanzen.**

Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung pflanzlicher Fossilien rühren zunächst von dem Mangel an erkennbaren Merkmalen her. Wo es sich nur um inkohlte Reste von Blättern oder dgl. handelt, sind die systematisch wichtigen Merkmale, nach denen wir rezente Pflanzen einzureihen gewohnt sind, fast nie zu sehen. Man ist vielmehr auf den Vergleich der Umrißform und der Aderung angewiesen. Daß diese Merkmale innerhalb einer Art und noch mehr innerhalb größerer Gruppen sehr veränderlich sind, daß sie oft bei systematisch weit voneinander entfernten Arten sehr ähnlich aussehen, ist zu allgemein bekannt, als daß es notwendig wäre, dabei zu verweilen. Ein wesentlicher Fortschritt wurde allerdings durch die Mazerationsmethoden erreicht, die es in vielen Fällen ermöglichen, auch bei inkohlten Pflanzenresten gewisse anatomische Merkmale für die Bestimmung heranzuziehen.

Erschwert wird die Arbeit des Bestimmens noch dadurch, daß selbst die wenigen sichtbaren Merkmale durch die Art der Erhaltung sehr stark verändert sein können. Die Pflanzenreste werden nicht nur durch den Überlastungsdruck der höheren Schichten stark abgeflacht. In gestörten Gebirgen werden sie außerdem infolge plastischer Umformung der umschließenden Gesteine mannigfach verzerrt. Sehr stark kann das Aussehen von Blättern durch eine fortgeschrittene Verwesung im Zeitpunkt der Einbettung verändert werden. Wie jeder aus der Beobachtung in unseren Laubwäldern weiß, verwesen die Blattspreiten viel rascher als die Gefäßbündel, so daß schließlich nur diese übrigbleiben. Unter Umständen kann dadurch eine ganz andere Pflanze vorgetäuscht werden. Gewissen Coenopteridineen fehlte die Blattspreite auch im Leben, ihre Blätter sahen also mehr wie verzweigte Stengel aus. Stark vermoderte Blätter anderer Farngruppen können diesen recht ähnlich werden.

Mit Exkrementen erfüllte Bohrgänge von Insektenlarven können in Dünnschliffen durch versteinerte Pflanzenteile täuschend wie Sporangien aussehen.

Schon weiter oben war davon die Rede, wie sehr verschieden Abdrücke und Steinkerne derselben Art je nach der Lage der entblößten Fläche sein können (S. 15).

Eine ganz besondere Schwierigkeit verursacht schließlich der Umstand, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur Bruchstücke der fossilen Pflanzen, nicht aber ganze Exemplare überliefert sind. Eine Ausnahme bilden die meisten Kalk- und Kieselalgen, auch manche kleinere Landpflanzen unter besonders günstigen Verhältnissen. So

enthält der verkieselte Torf von Rhynie (vgl. S. 21) viele Stücke von Rhynia und Hornea, die von der Wurzel bis zu den Sporangien vollständig sind. Schon bei Asteroxylon (Fig. 183 ff.) aus demselben Fundort war aber die Zugehörigkeit der Sporangien zu den beblätterten Sprossen nicht restlos sicher zu erweisen.

Selbst Teile desselben Organes können recht verschieden aussehen, so daß ihre Zusammengehörigkeit nicht unmittelbar einleuchtet. Man denke z. B. an die oberen und unteren Stammteile solcher Bäume, die im Alter eine starke Borke entwickeln. Ähnlich scheinen sich manche Sigillarien verhalten zu haben. Wäre von Archaesigillaria primaeva nicht zufällig im Devon von New York ein ganzer Stamm gefunden worden, so hätte man kleinere Stücke sicher zu verschiedenen Gattungen gestellt, weil sich die Skulptur der Rinde im oberen Teil mehr der von Lepidodendron, im unteren mehr der von Sigillaria nähert. Vgl. S. 311.

Die Schwierigkeit, ja Unmöglichkeit, den Zusammenhang verschiedener Teile einer Pflanze zu beweisen, bringt es mit sich, daß man für die einzelnen Organe verschiedene Gattungs- und Artnamen verwenden muß. So bezieht sich, um einige Beispiele herauszugreifen, der Name Calamites zunächst auf die ungemein häufigen Steinkerne der Markhöhlen. Viele wenden ihn auch auf echt versteinerte Reste an. Andere gebrauchen dafür den Ausdruck Arthropitys und Calamodendron. (Fig. 462 u. 471), Für die Blätter sind ganz allgemein die Namen Annularia und Asterophyllites üblich. Die Blüten (S. 401 ff. u. 452 ff.) heißen Calamostachys, Palaeostachya usw. Die unterirdischen Stammabschnitte der karbonischen Lepidophyten werden als Stigmara (Fig. 336 ff.) beschrieben, weil sich im einzelnen Fall meist nicht entscheiden läßt, ob sie zu Lepidodendron, Lepidophloios, Sigillaria oder Bothrodendron u. a. gehören.

Diese getrennte Benennung der Teile ist durchaus notwendig, wenn nicht rein hypothetische Vorstellungen in die Namengebung eindringen und heillose Verwirrung stiften sollen. Sie bietet auch den Vorteil, daß man aus dem Namen allein schon ersehen kann, welches Organ dem Verfasser vorlag. Selbstverständlich ist es aber doch eine der wichtigsten Aufgaben der weiteren Forschung, die einzelnen Teile richtig zu verbinden und so ein Bild der ganzen Pflanzen zu gewinnen. Verschiedene Beobachtungen können dazu führen, anfänglich getrennt gefundene und beschriebene Pflanzenteile mehr oder weniger sicher als zur selben Art gehörig zu erkennen:

1. Am einwandfreiesten ist der Zusammenhang natürlich dann, wenn es später gelingt, die Stücke in unmittelbarer Verbindung zu finden. Gerade in jüngster Zeit hat sich ein besonders überraschender Fall dieser Art zugetragen. Es sind aus dem Mitteldevon von Elberfeld im Rheinland größere Gesteinsplatten gewonnen worden, die zeigen, daß die bisher als Hostimella, Psilophyton und Thursophyton be-



schriebenen Fossilien Teile derselben Pflanze sind. Vgl. S. 173. Eine gewisse Vorsicht ist nur notwendig, damit man nicht durch ein rein zufälliges Zusammenstoßen getäuscht wird, wenn zahlreiche Pflanzenreste kreuz und quer auf derselben Gesteinsfläche liegen. Man vergleiche etwa die noch ungelöste Frage, ob die scheinbaren Stiele von *Parka* wirklich zu ihr gehören (siehe S. 109).

2. Vielfach konnte der Zusammenhang getrennt gefundener Organe dadurch nachgewiesen werden, daß ihnen bezeichnende anatomische Merkmale gemeinsam sind. So ist der innere Bau der Achse jener Blüten, die ursprünglich als *Bruckmannia Grand'Euryi* beschrieben wurden, vollkommen der eines jungen Zweiges von *Calamites*. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die Blüten zu dieser Gattung gehören, wenn auch die genaue Art nicht festzustellen war. Beim Beweis der Zusammengehörigkeit der Stämme, Blätter und Samen von *Lyginopteris oldhamia* spielten die eigentümlichen, mit einer Drüse endenden Stacheln eine große Rolle, die alle Teile der Pflanze mit Ausnahme der Wurzeln bedeckten. Wie schon auf S. 23 erwähnt, scheint mehreren Gattungen der ganz vorwiegend aus versteinerten Resten bekannten Farngruppe der Coenopteridinen die Lamina gefehlt zu haben. Außerdem ist bei manchen unter ihnen die Stellung der Fiedern eine eigentümliche. Sie verzweigen sich nicht in der Ebene der Hauptachse, sondern senkrecht darauf. Ich habe versucht, auf Grund dieser Merkmale einen inkohlten Rest derselben Familie zuzuweisen, wenn auch nicht ganz ohne Zweifel (vgl. S. 515). Mehrere Coenopteridineengattungen haben ein im Querschnitt H-förmiges Xylem z. B. Fig. 607. Die Achsen der als *Corynepteris* beschriebenen Blattabdrücke zeigen zwei erhabene Längsleisten mit einer Furche dazwischen. Fig. 618. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dies ebenfalls auf ein H-förmiges Gefäßbündel hindeutet und daß die genannten Versteinerungen und Abdrücke zusammengehören.

3. Für die Frage, ob gewisse getrennt gefundene männliche und weibliche Blüten zur selben Art oder doch zur selben Gattung zu stellen sind, kann es unter Umständen bedeutsam sein, wenn man Pollenkörner von bezeichnender Form in den Staubbeuteln und auf oder in den weiblichen Blüten nachweisen kann. In jüngster Zeit ist dieses Verfahren bei den Caitoniales aus dem englischen Jura angewendet worden. Man fand nämlich übereinstimmende Pollenkörner in männlichen Blüten, die als *Antholithus Arberi* beschrieben waren (Fig. 11), und auf den Narben der *Gristhorpia Nathorsti* genannten Fruchtanlagen (Fig. 12). Da beide Reste in derselben Schicht und in geringer Entfernung voneinander gefunden wurden, schloß der Erforscher, daß sie zusammengehören. Die Berechtigung dieses Schlusses ist hier nicht zu erörtern. Es muß jedoch darauf verwiesen werden, daß nicht selten auch fremder Pollen die Narben massenhaft bedeckt. In Kernalers »Pflanzenleben« (3. Auflage von Hansen, Bd. 2, S. 481) finden wir eine Reihe solcher Fälle zusammengestellt. Auf der Narbe von *Viola odorata* waren

durch Insekten Pollen von *Eranthis hiemalis*, von *Salix daphnoides*, *Daphne mezereum* und *Crocus vernus* abgeladen worden. Auf den Narben von *Crocus* fand sich Blütenstaub von *Daphne*. Auch durch den Wind gelangt artfremder Pollen auf die Narben. So wurde auf *Paris quadrifolia* Pollen von *Picea excelsa* und von *Mercurialis perennis* beobachtet. Die Narbe von *Gagea lutea* war mit Pollen von *Alnus viridis* dicht belegt. Noch wichtiger ist die Beobachtung, daß in der Pollenkammer der weiblichen Blüten von *Ginkgo* fremde, einer *Abietinee* angehörige Blütenstaubkörner sogar Schläuche ausgetrieben hatten.

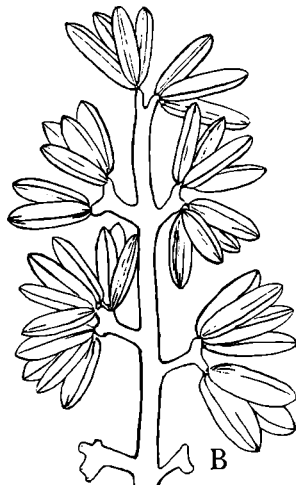


Fig. 11.  
Rekonstruktion von *Antholithus Arbeni* Thomas aus dem Dogger von Yorkshire. 3 : 1. (Aus Thomas, 1925.)

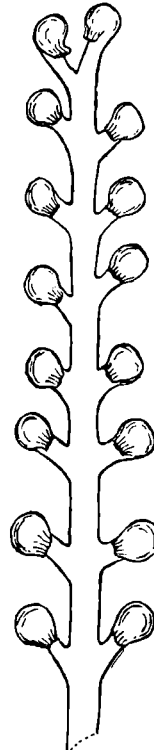


Fig. 12.  
Rekonstruktion von *Gristhorpia Nathorsti* Thomas aus dem Dogger von Yorkshire. 2 : 1. (Aus Thomas, 1925.)

4. Am unsichersten sind die Schlüsse, die aus dem regelmäßigen Zusammenvorkommen von Pflanzenresten an mehreren Fundorten auf ihre Zusammengehörigkeit gezogen werden. Es wird hier natürlich sehr viel auf die Zahl der Beobachtungen und auf die anderen Umstände ankommen. Wenn zwei Organe öfter allein, unter Ausschluß aller anderen Reste, miteinander auftreten, wird dies mehr Gewicht haben, als wenn sie in einer reichen Flora vergesellschaftet sind. Ein Beispiel für eine Pflanzenrekonstruktion, deren Teile nur auf Grund des örtlichen Vorkommens, aber höchst wahrscheinlich in zutreffender Weise zusammengefügt wurden, ist *Eospermatopteris*. Vgl. Fig. 13. Daß sowohl die



Fig. 13.

Rekonstruktion des oberdevonischen Waldes von Gilboa im Staate New York. Der farnartige Baum ist *Eospermatopteris*, außerdem sind Bäume von *Archaeosigillaria* zu sehen. (Aus Pia, 1926.)

Stämme als die Blätter mit den Fortpflanzungswerkzeugen zu baumförmigen Pflanzen gehörten, ist nach ihrer Größe sicher. Wenn sie verschiedene Arten sind, wäre es ein sonderbarer Zufall, daß von einer immer nur Stämme, von der anderen immer nur Blätter gefunden würden, zumal es sich um eine ganze Reihe benachbarter Stellen handelt. Der einzige in denselben Schichten noch auftretende Baum, *Archaeosigillaria*, kommt als Träger der Blätter keinesfalls in Betracht.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Phytopaläontologie für weitere Schlüsse biologischer oder geologischer Art ist außer den eben dargelegten Schwierigkeiten der Bestimmung noch eine zweite Unvollkommenheit des Ausgangsmaterials im Auge zu behalten. Nicht nur die einzelnen Pflanzen liegen bruchstückweise vor, sondern in vielleicht noch höherem Grad die Floren der verschiedenen Zeiten und Länder. Im allgemeinen haben nur die Pflanzen der Niederungen und der Nähe von Gewässern gute Aussichten auf fossile Erhaltung. Von anderen Landpflanzenformationen dagegen, wie der Steppe, dem Buschwald oder den Hochgebirgsmatten, ist so gut wie nichts überliefert. Wir werden zwar nicht annehmen dürfen, daß in den Hoch- und Trockengebieten ganz andere Klassen von Pflanzen lebten, als in den Niederungen. Gewisse Gruppen könnten aber doch auf jene beschränkt gewesen sein. Wenn wir beispielsweise finden, daß eine Pflanzenordnung in den Erdschichten plötzlich mit großer Formenmannigfaltigkeit erscheint, ohne daß man ihre allmähliche Entwicklung nachweisen könnte, muß sie nicht — wie man oft dachte — aus einem versunkenen Kontinent stammen. Sie könnte sich auch in demselben Land, aber an für die Erhaltung ungünstigen Standorten entwickelt haben, um dann erst in die feuchten Niederungen einzudringen. Besonders für die Entstehung der Angiospermen, deren plötzliches Auftreten um die Mitte der Kreidezeit mit einer großen Anzahl fertig ausgebildeter Familien so rätselhaft ist, hat man solche Möglichkeiten erwogen. Ein ähnlicher Fall liegt wahrscheinlich bei den Säugetieren vor, die nachweislich schon während des größten Teiles des Mesozoikums vorhanden waren und wohl schon in eine Reihe von Ordnungen zerfielen, von denen wir aber vor dem Tertiär fast nichts kennen, vermutlich weil sie auf Bäumen lebten und die Erhaltungsaussichten für die Reste baumbewohnender Tiere äußerst gering sind.

Um eine ungefähre Vorstellung von dem Grad der Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse zu gewinnen, habe ich folgende Überlegung angestellt: Zu den am besten erforschten fossilen Pflanzengruppen gehören wohl die Dasycladaceen der Trias. Man kennt von ihnen jetzt (einschließlich einiger noch unbeschriebener) 39 Arten. Wie die neueren Erfahrungen zeigen, beträgt die Lebensdauer einer Spezies meist weniger als eine Triasstufe. Nach meiner Schätzung hätten wir in der Trias mindestens neun Floren mit eigenen Arten zu erwarten. Die Zahl der lebenden Dasycladaceenspezies wird mit 34 angegeben. Selbst wenn die Floren der Trias nicht reicher waren, als die heutige, müßten also während

dieser Periode im Ganzen etwa 300 Arten gelebt haben. Wir kennen also bestenfalls etwa 13% der triadischen Dasycladaceen. Nun handelt es sich hier um eine Gruppe, deren Lebensweise besonders gute Erhaltungsbedingungen schafft und die außerdem sehr leicht zu bestimmen ist. In fast allen anderen Fällen liegen die Verhältnisse sicher viel ungünstiger.

Interessant ist auch die Anwendung dieser Zahlen auf die Wahrscheinlichkeit, eine größere zusammenhängende Artreihe zu gewinnen. Nehmen wir an, wir kennen ein Zehntel der in Betracht kommenden Spezies. Dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß uns auch der unmittelbare Vorfahre einer schon gefundenen Art vorliegt, 0,1. Die Wahrscheinlichkeit, daß zugleich auch dessen Vorfahre bekannt ist, beträgt 0,01. Die Wahrscheinlichkeit, eine zusammenhängende Reihe aus fünf Arten herstellen zu können, ist nur 0,0001. Man sieht daraus, wie vorzeitig es wäre, aus dem Fehlen größerer Artreihen auf eine sprunghafte Entwicklung schließen zu wollen.

#### Literatur

Zugleich Aufzählung einiger besonders wichtiger Werke über allgemeine Phytopaläontologie.

- Cayeux, L., Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. Mém. carte géol. dét. de la France. Paris, Minist. des travaux publ., 1916.
- Clarke, F. W. & Wheeler, W. C., The inorganic constituents of marine invertebrates. 2nd ed. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap. 124, Washington 1922.
- Deecke, W., Phytopaläontologie und Geologie. Berlin 1922.
- Deecke, W., Die Fossilisation. Berlin 1923.
- De Gasparis, A., Le alghe delle argille marnose pleistoceniche di Taranto. Atti Acc. Sc. fis. e mat. Soc. R. di Napoli, R. 2, Bd. 12, Nr. 4, 1905.
- Doß, B., Melnikowit, ein neues Eisenbisulfid, und seine Bedeutung für die Genesis der Kieslagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geol., Bd. 20, S. 453, Berlin 1912.
- Gothan, W., Karbon und Perm-Pflanzen. G. Gürich, Leitfossilien, Lfg. 3 Berlin 1923.
- Gothan, W., Paläobiologische Betrachtungen über die fossile Pflanzenwelt. Fortschr. d. Geol. u. Pal., H. 8 Berlin 1924.
- Hirmer, M., Über Vorkommen und Verbreitung der Dolomitknollen und deren Flora. Comptes Rendus du Congrès pour l'Etude de la Stratigraphie du Carbonifère dans les différents centres houillers de l'Europe. Heerlen 1927.
- Hofmann, E., Frühgeschichtliche Pflanzenfunde aus der großen Peggauer Höhle (Steiermark). Speläol. Jahrb., Bd. 3, S. 130, Wien 1922.
- Kerner, A., v. Marilaun, Pflanzenleben. 3. Aufl., bearb. v. A. Hansen. Leipzig 1921—22.
- Kräusel, R. & Weyland, H., Beiträge zur Kenntnis der Devonflora. II. Abh. Senckenb. Naturf. Ges., Bd. 40, S. 115, Frankfurt a. M. 1926.
- Pia, J., Über einen merkwürdigen Landpflanzenrest aus den Nötscher Schichten (Carbon der Gegend von Bleiberg in den östlichen Gailtaler Alpen). Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., Abt. I, Bd. 133, S. 543, Wien 1924.
- Pia, J., Pflanzen als Gesteinsbildner. Berlin 1926.
- Potonié, H., Lehrbuch der Paläobotanik. 2. Auflage, umgearb. v. W. Gothan. Berlin 1921.
- Potonié, H. & Gothan, W., Paläobotanisches Praktikum. Bibl. f. naturw. Praxis, Bd. 6 Berlin 1913.

- Pontonié, R., Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin 1924.
- Reis, O., Oolithartige Versteinerung von Pflanzenresten aus dem Tertiär der Rheinpfalz. Geognost. Jahresh., Bd. 36, S. 1, München 1923.
- Renault, B., Cours de botanique fossile fait au Muséum d'histoire naturelle. Bd. 1, Paris 1881.
- Sahni, B., Foreign pollen in the ovules of Ginkgo and of fossil plants. New Phytol., Bd. 14, S. 149, London, 1915.
- Saporta, G., Marquis de, A propos des algues fossiles. Paris 1882.
- Saporta, G., Marquis de, Les organismes problématiques des anciennes mers. Paris 1884.
- Schimper, W. Ph., Traité de Paléontologie végétale etc. Paris 1869-74.
- Scott, D. H., Studies in fossil botany. 3d ed. London 1920-23.
- Seward, A. C., Fossil plants, a text-book for students of botany and geology. Cambridge 1898-1919.
- Solms-Laubach, H. Graf zu, Einleitung in die Paläophytologie vom botanischen Standpunkt aus. Leipzig 1887.
- Thomas, H. H., The Cretaceous, a new group of angiospermous plants from the Jurassic rocks of Yorkshire. Philos. Transact. R. Soc. London, Ser. B, Bd. 213, S. 299, 1925.
- Unger, F., Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. Wien 1852.
- Walton, J., A note on the structure of the plant cuticles in the paper-coal from Toula in Central Russia. Mem. & Proc. Manchester Litt. & Philos. Soc., Bd. 70, S. 119, Manchester 1926.
- Zeiler, R., Observations sur quelques cuticules fossiles. Ann. Sc. Nat., R. 6, Botanique, Bd. 13, S. 217, Paris 1882.
- Zeiler, R., Éléments de paléobotanique. Paris 1900.