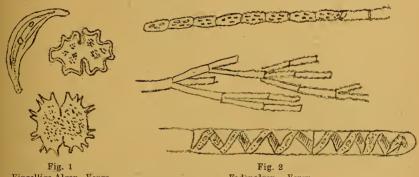
Beziehungen zwischen Coniferen (Nadelhölzern) und Hydrophyten (Wasserpflanzen).

Von

Josef Schullerus, Seminarprofessor.

I. Einleitung.

Die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt zeigt, dass die Pflanzenwelt unserer Zeit in ihrer bunten Mannigfaltigkeit, in ihrem Formenreichtum, in ihrer verschiedenartigsten Organisation und Lebensweise aus einfachen und einförmigen Zuständen zur heutigen Höhe emporgestiegen.



Einzellige Algen. Vergr.

Fadenalgen. Vergr.

Die Wiege aller Pflanzengeschlechter soll das Wasser sein. Wenn auch die Oberfläche der Urerde nicht ganz von Wasser bedeckt gewesen sein mag, sondern von Anfang an Land und Wasser neben einander bestanden haben mögen, so muss doch das organische Leben seinen Ursprung im Wasser haben und von hier aus sich auf das Festland verbreitet haben. sei es, dass Wasserformen das Land erobert haben oder vom Wasser stiefmütterlich verlassen oder ausgesetzt wurden.

Als Urpflanzen gelten die Algen, noch heute typische Bewohner des Wassers. Einzellige Algen (Fig. 1—5) müssen die ersten Organismen gewesen sein, aus denen sich die vielzelligen Lebensformen (Fig. 2 ff.) entwickelten.

Mit den Algen stehen auf gleicher Entwicklungsstufe die Pilze (Fig. 6—9), welche in der Gegenwart wohl zumeist Landbewohner sind, aber durch ihr grosses Feuchtigkeitsbedürfnis auf das Wasser als Urheimat hinzudeuten scheinen.

Auch die Moose haben im allgemeinen das Schwimmen verlernt und sind aus dem Wasser ans Land gestiegen, klettern an Bäumen empor, erklimmen Dächer und hohe Felsen, aber trauernd sitzen sie auf dem Trocknen und leben erst auf, wenn

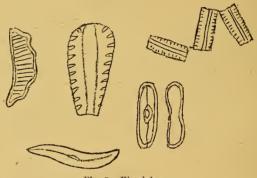


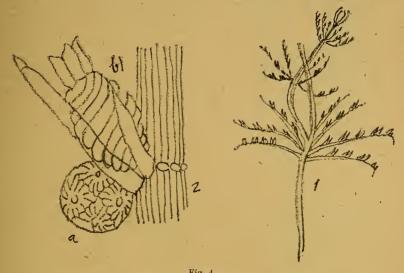
Fig. 3. Kieselalgen.

Wasser ihre Beine umspült oder Regen ihre Häupter netzt. Das Streben nach Licht und Luft hat sie aus dem nassen Elemente hinausgelockt, aber die alte Liebe zum Wasser haben sie nicht verloren.

Eine bedeutend höhere Stufe der Entwicklung vertreten die Gefässkryptogamen: Farne, Schafthalme, Bärlappe (Fig. 11), Wasserfarne (Fig. 10), Selaginellen (Fig. 12). Auch sie sind alle ausgesprochen hydrophil, Wasser liebend. Wenn sie auch mehr zur Sumpfflora zählen, so ist doch für sie bezeichnend, dass ihre geschlechtliche Fortpflanzung mit beweglichen Samenfäden wie bei allen Kryptogamen nur im Wasser erfolgen kann, sei es auch nur in einem Wassertropfen.

Auf eine höhere Stufe, über die Gefässkryptogamen, stellt man die Gymnospermen oder Nacktsamigen, deren Hauptvertreter

die Coniferen oder Nadelhölzer. Sie eröffnen den Reigen der Blütenpflanzen und haben von dem Festland energisch Besitz ergriffen, sind scheinbar zu Trockenlandpflanzen geworden. Sie sind auf dem trocknen Land geblieben, als sich das Wasser in tiefen Meeren sammelte und mächtige Faltungen die Erdoberfläche in Berge und Täler umformten. Sie waren die Vorläufer der Angiospermen oder Bedecktsamigen, welche bis heutigen Tages als vollkommenste Pflanzenformen die Spitzen des ausgebreiteten Stammbaumes zieren. Diese fühlen sich erst als Kinder des festen Landes, schwelgen in Licht und



1. Armleuchteralge. 2. Ein Stück derselben mit a Staubbeutel (Antheridium), b Frucht (Sporaugium).

Luft, überziehen jeden Erdenwinkel mit leuchtenden und duftenden Blüten, streuen Samen auf jedes freie Plätzchen, kämpfen mit Tier und Mensch offenen und heimlichen Kampf mit Gewalt und mit List.

Und doch lassen auch Gymnospermen wie Angiospermen nicht nur durch manches Familienglied, das dem nassen Elemente treu geblieben, sondern auch durch mancherlei Erscheinungen an ihrem eignen Leibe sowie in ihrer Lebensweise deutlich erkenen, dass Wasserwellen die Wiege ihrer Ahnen geschaukelt haben. Mögen sie äusserlich auch noch so xerophil, den trocknen Boden liebend erscheinen und auf den ersten Blick zu den Xerophyten oder Mesophytenvereinen zählen, genauere Untersuchungen können doch beweisen, dass der Stammbaum gar mancher Landpflanze und Landpflanzen-

Fig. 5. Blasentang. Natürliche Grösse: α Fruchtkörper, b Lufthöhlen.

familie in wässerigem Boden wurzelt oder gar im Wasser der Wurzeln entbehrt hat.

So rechnet Warming¹ die Gymnospermen zu den Xerophyten oder Trockenlandpflanzen, da ihre nadeloder schuppenförmigen Blätter so eingerichtet sind, dass sie die Verdunstung vermindern und die Pflanzen somit längere Trockenheit vertragen können.

Wenn Ascherson die Pflanzen, welche an ein Leben in trockner Luft und auf trocknem Boden angepasst sind, Xerophyten nennt, mag der Name richtig Aber Xerogewählt sein. phyten sind darum noch nicht xerophil, trocknen Boden und trockne Luft liebend, hier am besten gedeihend, wie A. De Candolle 2 meint oder Kerner von Marilaun, welcher sagt: »eine

kurze aber periodisch eintretende starke Verdunstung prägt die Vegetation xerophil aus, selbst wenn sie den ganzen übrigen Teil des Jahres triefend nass ist«.³ Die Prägung wird xerophytisch aber nicht xerophil.

¹ »Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie«, p. 193, 194, 199.

 $^{^2}$ »Constitution de groupes phisiologiques«. Vergl. Bot. Jahresbericht VI., 2., 456.

³ »Die Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden«. 1869.

Denn Tatsache ist, dass die Gymnospermen morphologisch und anatomisch besonders ausgestattet sind, um mehr oder weniger lange Trockenheit ohne Nachteil zu ertragen, mithin zu den Xerophyten gezählt werden können. Aber ebenso ist Tatsache, dass sie auch Einrichtungen für ein Wasserleben haben, ja dass sie Feuchtigkeit entschieden mehr lieben als Trockenheit, daher mit mehr Recht hydrophil oder Wasser liebend als xerophil oder Trockenheit liebend genannt werden müssen.

Im Folgenden soll der Versuch gemacht werden, die Beziehungen festzustellen, welche zwischen den Gymnospermen,

bzw. den Coniferen und Hydrophyten bestehen, so dass einmal erkannt wird, dass die Gymnospermen und Nadelhölzer von Natur eigentlich Hydrophyten oder Wasserpflanzen sind und auch hydrophil oder Wasser liebend bleiben, selbst wenn sie durch die ökologischen Faktoren oder äussern Verhältnisse gezwungen werden, als Xerophyten zu leben. Dass aber auch erkannt wird, dass gerade die durch

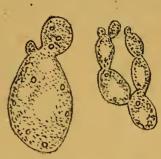


Fig. 6. Bierhefepilz. Vergr. stark.

die Hydrophytennatur bedingten Einrichtungen es möglich machen, dass die Gymnospermen auch Trockenheit vertragen können und dadurch in Stand gesetzt wurden, aus Wasser und Sumpf aufs Festland zu steigen, Ebnen wie Berge zu erfüllen und für spätere Pflanzengeschlechter urbar zu machen.

II. Paläontologische (erdgeschichtliche) Beziehungen zwischen Coniferen und Hydrophyten.

1. Steinkohlenzeit.

Die Geologie weist auf den nahen Zusammenhang zwischen Gymnospermen und Hydrophyten hin, indem sie den Nachweis liefert, dass die Gymnospermen in der Entwicklung des Pflanzenreichs unmittelbar an die wasserliebenden Gefässkryptogamen: Farne, Calamiten (Schafthalme) (Fig. 15), Lepidodendren (Schuppenbäume) (Fig. 13), Sigillarien (Siegelbäume) (Fig. 14) an-

schliessen, deren Hydrophytennatur in Vergangenheit und Gegenwart ausser allem Zweifel steht.

Diesen Zusammenhang beweisen auch die Versteinerungen aller Zeitperioden, indem die ältesten Schichten nur blütenlose Pflanzen bergen, deren Hauptentwicklung in die Steinkohlenzeit fällt. Geinitz¹ unterscheidet drei Florenstufen: a) Saginarien oder Lepidodendren-, b) Sigillarien-, c) Calamarien- und Farnstufe in Sachsen, die nach E. Weiss, Stur, Zeiller u. a. auch für Böhmen, Schlesien, Rhein, Frankreich, Südafrika, China gelten.

In den Wäldern von Gefässkryptogamen zeigen sich allmählich auch Gymnospermen, erst wenige Geschlechter in

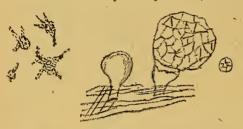


Fig. 7 Schleimpilze. Fruchtkörper, Spore, Myxamoeben. Vergr.

geringer Menge, dann mannigfaltigere Arten, deren Zahl mit jeder Periode zunimmt, während die Gefässkryptogamen stetig abnehmen, in den Formen wechseln, aber nie völlig aus der Gesellschaft der Gymnospermen verschwinden.

Die ältesten Gestalten der Gymnospermen, welche mitten zwischen den Gefässkryptogamen, die das Material für die Steinkohlen geliefert haben, gefunden worden sind, werden zu den Cycadeen oder Palmfarnen gestellt und nach dem Naturforscher Corda Cordaiten genannt. Es sollen grosse, 30—40 Meter hohe, vielverzweigte Bäume gewesen sein, von dikotylem Holzbau und mit sitzenden Blättern, welche teils bandartig lang, teils spatelförmig waren mit vielen Längsrippen (Fig. 16—21). Männliche und weibliche Blütenstände bildeten lange Äehren mit Deckblättern. Die Staubfäden von zahlreichen sterilen Hüllblättern umgeben, zeigen 2—4 längliche Staubbeutel, in denen noch Pollen enthalten war. Die weiblichen Blütenstände zeigen hinter grossen Deckblättern Samenknospen von zahlreichen Schuppen umgeben, welche den spätern Samen

¹ »Geogn. Darstellung der Steinkohlenform in Sachsen.« 1856.

² Frank, Synopsis der Pflanzenkunde B. I, Fig. 654, B. II, p. 944.

als fleischige Hülle umschlossen, wie wir es heute etwa bei der Eibe (Taxus baccata) oder beim Wachholder (Juniperus communis) sehen.

Andere zu den Coniferen gehörige Formen der kryptogamischen Steinkohlenwälder waren Araucarites oder Araucarioxylon und Dadoxylon.¹

Was aber Endlicher als Dadoxylon, Goeppert als Araucarites, Kraus als Araucarioxylon, Grand d'Gury als Cordaioxylon bezeichnet, soll alles Cordaitenholz sein.²

Allerdings ist das Auftreten von Cordaites, Araucarioxylon oder Dadoxylon im

Steinkohlenwald noch ein selteneres und im Verhältnis zu den Gefässkryptogamen verschwindend klein. Aber gerade dieses Verhältnis beweist am besten, dass die Lebensverhältnisse eben in erster Reihe für die Gefässkryptogamen besonders geeignet, mithin Wasser in Hülle und Fülle vorhanden ge-

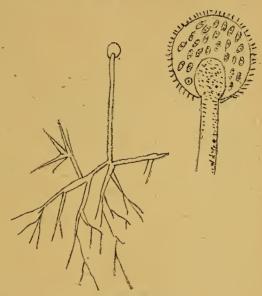


Fig. 8. Kopfschimmel. Vergr.

wesen sein muss. Folglich kann man annehmen, dass auch jene Urgymnospermen Wasser liebende Pflanzen waren.

Dass aber die ganze Oberfläche der Erde zur Steinkohlenzeit durchaus wasserhaltig war, zu vergleichen einem vollgesogenen Badeschwamm, erzählen die zahllosen Kohlenfelder — über 2000 werden abgebaut³ — und ihre gewaltigen Ausdehnungen in allen Weltteilen. Ein einziges nordamerikanisches Kohlenfeld, das appalachische, soll sich über 2400 und das

¹ Credner, Geologie p. 450.

² Zittel, Palaeophytologie p. 242-34.

³ Säurich, »In vorgeschichtlicher Zeit« p. 19.

Pittsburger über 900 geographische Quadratmeilen erstrecken. England besitzt 5 bedeutende Kohlenfelder: 1. Northumberland und Durham, 2. Lancashire, 3. Yorkshire, Nottingham, Derby, 4. Staffordshire, 5. Nord- und Südwales mit Flötzen von 2—7 Meter bis 25 Meter Mächtigkeit. In Westeuropa ist am wichtigsten das rheinisch-belgische Gebiet. Bekannt ist der Kohlenreichtum Ostasiens.

Eine Vorstellung von der Ausdehnung der Steinkohlenwälder gibt auch der jährliche Verbrauch an Steinkohlen.

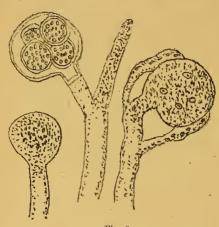


Fig. 9 Achlya, ein auf toten Pflanzen und Tieren im Wasser lebender Pilz. Vergr.

welcher auf mehr als tausend Millionen Tonnen geschätzt wird. Den Kohlenbestand der Vereinigten Staten taxiert man auf mehr als sechshundert Milliarden Tonnen.

Die gewaltige räumliche Ausdehnung der Kohlenfelder deutet auf die gewaltige Ausdehnung von flachen Gewässern hin, welche das gesamte Festland markierten. Und die gleichmässige Lagerung der Steinkohlenflöze beweist,

dass keine Berge und Gebirge die weiten wasserreichen Ebenen unterbrachen, dass keine Flüsse dieselben durchschnitten, um den Abfluss der Gewässer zu besorgen.

Gümbel² hat der Ansicht A. Brongniarts³ zum Siege verholfen, dass die Steinkohlen aus an Ort und Stelle in weiten, flachen Vertiefungen des Festlandes oder in Niederungen längs der Meeresküste gewachsenen Pflanzen entstanden. Ungestörte Sumpfvegetation wechselte mit Ueberschwemmungen des Meeres ab, welche durch lang andauernde, langsame Senkungen

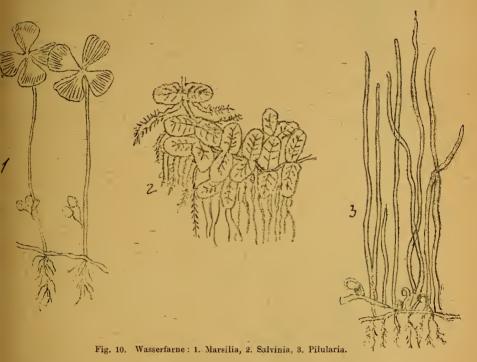
¹ Bölsche, »Im Steinkohlenwald« p. 33.

² »Beiträge zur Kenntnis der Texturverhältnisse der Mineralkohlen.« Sitzungsbericht der bayerischen Akademie. 1883.

³ »Prodrome d'une histoire des vegetaux fossiles.« Paris 1828.

bewirkt wurden und die Pflanzen mit marinen Ablagerungen und Versteinerungen bedeckten.

Die gleichmässig sumpfige Beschaffenheit aller kaum über das Wasser ragenden und nicht begrenzten Kontinente geht auch daraus hervor, dass die Steinkohlenlager in allen Weltteilen und in allen Ländern von den Polen bis zum Aequator immer dasselbe Bild wiederholen, immer dieselben Geschlechter und Arten von Baumfarnen, Calamiten und



Bärlappgewächsen enthalten. Da gab es keinen Weltteil, kein Land, keine Insel, keinen Erdenwinkel, der andere Lebensbedingungen geboten hätte, kein besonderes Plätzchen, an welchem sich blütenlose Pflanzen oder Nadelhölzer in besonderer Eigenart hätten entwickeln und ausbreiten können. Auch Cordaites, Araucarioxylon, Dadoxylon müssen daher wasserreichem Boden entsprossen sein.

Von den Steinkohlenpflanzen und ihrer Gleichartigkeit auf Spitzbergen wie in Zentraleuropa, Amerika, Australien,

kann man aber auch auf die Verhältnisse und gleichartige Beschaffenheit der damaligen Atmosphäre schliessen.

> Die Luft muss während der Steinkohlenzeit über dem ganzen Erdball nicht nur von Wasserdampf gesättigt, sondern stets übersättigt gewesen und tagtäglich gewaltige Regengüsse gespendet haben.

Daraus erklärt man die grasartigen und gefiederten Blätter aller Steinkohlenpflanzen, welche nur auf diese Weise dem Anprall der schweren Regentropfen und heftigen Regengüssen wiederstehen konnten. Damit erklärt man auch eigentümliche Eindrücke auf Schichtflächen von Tonschiefer und Sandstein, welche genau so aussehen, als ob dicke Regentropfen auf eben angeschwemmten und nicht völlig erhärteten Ton oder Sand gefallen wären.¹ Derartige versteinerte Regenspuren hat man oft in grösserer Ausdehnung neben Kohlenflözen gefunden (Neuschottland).

Die Luft muss aber zu jener Steinkohlenzeit auch über dem ganzen Erdball gleichmässig warm gewesen sein, da

gewesen sein, da die gleichen Baumfarne im höchsten Norden wie im Süden in üppigster Fülle gediehen, wie heute kaum in den Tropen. Gleichmässig warm auch jahraus, jahrein, ohne Winter und ohne Winterruhe, da an den Bäumen der Steinkohlenzeit nie Jahresringe be-



¹ Zittel, Aus der Urzeit p. 258.

obachtet wurden. Man schätzt die Temperatur jener Periode auf $20-25^{\circ}$ C. Nur ein feuchtwarmes tropisches Klima vermochte ein derartig üppiges Pflanzenwachstum zu erzeugen.

Die Luft muss aber zu jener Zeit auch über den ganzen Erdball gleichmässig ausserordentlich kohlensäurereich gewesen sein. Wie kohlensäurereich, lässt sich nach den bekannten Milliarden von Kohlentonnen kaum ahnen, geschweige denn abmessen. Jedenfalls war sie so kohlensäurereich, dass

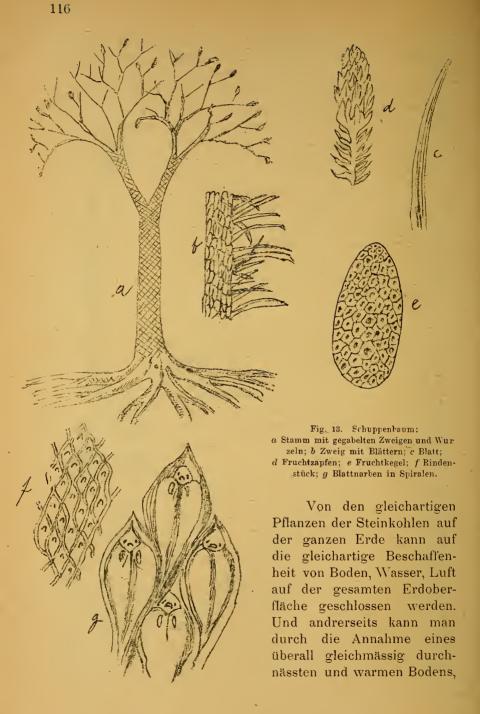
keine luftatmenden Tiere bestehen konnten und diese erst auftraten, als die Steinkohlenwälder die Kohlensäure verbraucht und die Kohle im Schosse der Erde abgelagert war. Andererseits erklärt aber auch der gewaltige Kohlensäurereichtum der Luft das gewaltige Wachstum der endlosen Steinkohlenwälder, wie es heute in den Tropen Wärme und Feuchtigkeit allein nicht zu Wege bringen.

Wie die Luft musste aber auch das Wasser reich an Wärme und Kohlensäure sein, wodurch die Zersetzung des Erdreichs beschleunigt und den rasch wachsenden Pflanzen Nahrung in Menge geboten wurde. Andererseits war dadurch aber auch Verwesung und Vermoderung der abgestorbenen Pflanzen beschleunigt, deren Verkohlung durch die innere Erdwärme vollendet wurde.

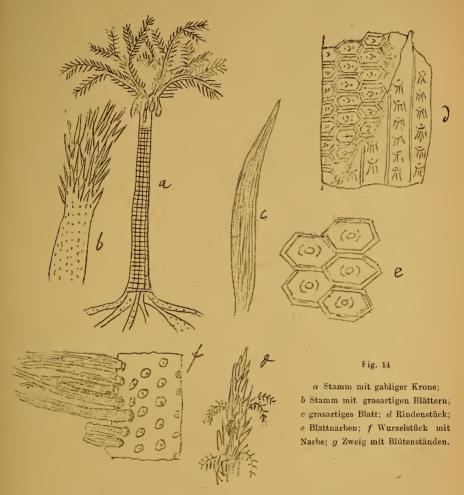
Die Natur der Gefässkryptogamen gibt

uns aber auch Aufschluss über die Lichtver- Fig. 12. Selaginella. hältnisse in der Steinkohlenzeit. Da diese Pflanzen die sengenden Strahlen der Sonne nicht vertragen und sich am besten im Schatten und Halbschatten entwickeln, ja nicht imstande sind, sich gegenseitig gegen blendendes Licht zu schützen, vielmehr eingerichtet sind, um eine schwache Beleuchtung möglichst auszunützen, so muss der Himmel damals mehr bewölkt und verdunkelt gewesen sein. Wir können uns leicht vorstellen, dass die kohlensäurereiche, mithin dichtere Atmosphäre aus dem warmen und wasserreichen Erdenrund fortwährend so viel Wasserdunst aufsog, dass die Sonne selten durch die Wolkenschleier blicken konnte.

8*



einer überall und stets feuchten, warmen, regen- und kohlensäurereichen, lichtarmen Atmosphäre erklären, wie es möglich war, dass die Baumfarne, Calamiten, Bärlappe die ganze Erde in wenigen Formen, aber ungeheuren Massen bedeckten, in der Tiefe versanken und immer wieder bedeckten.



Mit der Formenarmut der Gefässkryptogamen stimmt auch die Formenarmut der Urgymnospermen überein, welche umso kleiner sein musste, da sie erst im Entstehen begriffen waren, während jene den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht hatten.

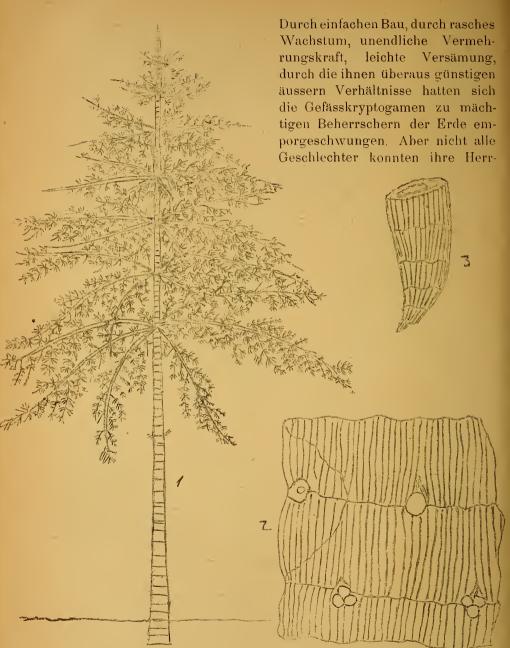


Fig. 15. Calamites: 1. Baum rekonstr, 2. Rinde, 3 Wurmlende.

schaft behaupten. Alte Formen nahmen ab, zuerst Schuppen-dann Siegelbäume und starben aus, an ihre Stelle traten neue Gestalten. So wurden auch im Schosse der Steinkohlenwälder, mitten zwischen Gefässkryptogamen die ersten Gymnospermen geboren, welche mit jenen die gleichen Lebensbedingungen teilten.

Die Geologie der Steinkohlenzeit lehrt uns demnach über die Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten:

1. In der Steinkohlenzeit wuchsen auf der ganzen Erde baumartige Riesen von Farnen, Schafthalmen (Calamiten), Bärlappen (Lepidodendren, Sigillarien), in wenigen Formen aberinungeheuren Mengen, dazwischen die ersten Gymnospermen Cordaites (Araucarioxylon, Araucarites, Dadoxylon, Cordaioxylon).

2. In der Steinkohlenzeit war die ganze Erdoberfläche ein wasserreicher tropischer Sumpf.

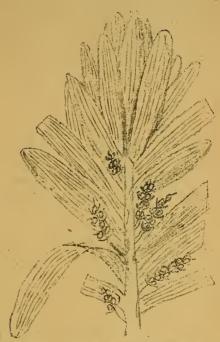


Fig. 16. Cordaites verkl nach Grand d'Eury.

3. In der Steinkohlenzeit war das Klima tropisch, die Luft über dem ganzen Erdball feucht, regenreich, schwül, 20-25° C, kohlensäurereich, lichtarm.

4. In der Steinkohlenzeit zeigen alle Pflanzen den Charakter von tropischen Sumpf- oder Wasserpflanzen. Alle Pflanzen waren Hydrophyten und hydrophil. Auch die ersten Gymnospermen, Cordaites (Araucarioxylon, Dadoxylon) müssen Hydrophyten und hydrophil gewesen sein.

2. Dyaszeit.

Auch die der Steinkohlenzeit folgende Dyasperiode zeigt den nahen Zusammenhang zwischen Gymnospermen und Gefäss-

kryptogamen und bezeugt deren Hydrophytencharakter, da auch die Pflanzenreste dieser Zeit der Hauptmasse nach Gefässkryptogamen sind, zwischen denen sich Gymnospermen finden.

Aber das Pflanzenbild der Dyaszeit ist doch ein anderes geworden. Die »Blütezeit« der blütenlosen Pflanzen ist vorüber. Die endlosen Steinkohlenwälder wurden in die Tiefen der Erde gebettet, die Vegetation hatte mit den innern Gewalten der Erde einen stetig sich erneuernden Kampf geführt. Generationen auf Generationen hatten immer wieder die Grabesdecke der untergesunkenen erobert. Aber in diesen Kämpfen hatten

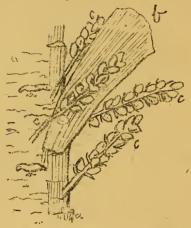


Fig. 17. Zweigstück von Cordaites. Nach Pelz: & Blattnarben, b Blatt, & Blütenstand.



Fig. 18
Bruchstück eines
Blütenstandes
von
Cordaites.

sich die Sippen der Lepidodendren und Sigillarien zu Tode gelebt. Auch bisher häufige Arten von Baumfarnen und Calamiten hatten andern Platz gemacht.

Vor allen Dingen füllten die entstandenen Lücken der Hydrophyten neue Gestalten von Gymnospermen, deren Zahl umso grösser wurde, je besser sie für die neuen Lebensverhältnisse eingerichtet waren.

Zu den waldbildenden Cordaiten gesellten sich die Farnen ähnlichen Palmfarne oder Cycadeen. Die ersten Formen derselben, Pterophyllum (Fig. 24) und Noeggerathia (Fig. 22) mit gesiederten, nadelartigen Blättern, wurden erst als Cycadeen,

dann als Farne und zuletzt wieder als Cycadeen gedeutet. Stammreste, als Cycadeengattung Medullosa und Stenzelia beschrieben, sollen Palmreste sein.

Dagegen ist die Coniferennatur einer ganzen Reihe von Geschlechtern unzweifelhaft. Mit Cupressus verwandt scheinen Walchia (Fig. 25) (W. piniformis, W. filiciformis, W. pinata) mit dichtstehenden pfriemenartigen, kantigen Blättern und Ullmania (Fig. 26) (U. frumentaria, U. selaginoides, U. Bronni)

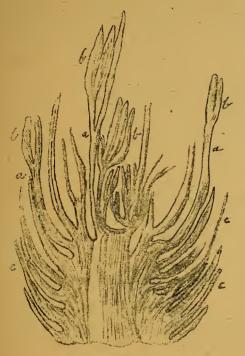


Fig. 19. Kätzchen von Cordaites. α Staubfäden, b Staubbeutel, c Deckblätter.



Staubblüte von Cordaites.

a Staubfaden, b Staubbeutel, c Deckblatt.

mit spiraligstehenden, linealen, derben Blättern, deren Spaltöffnungen beiderseits in vertieften Reihen stehen. Araucarientypus zeigte Voltzia (Fig. 23) (V. heterophylla, V. Liebena, V. hungarica), hohe Bäume mit wirtelständigen Aesten, deren obere Blätter lang und flach, die untern aber kurz und kantig. Schizolepis warf die Blätter ab wie unsere Lärche. Ging-

kophyllum (Fig. 27) mit am Stengel herablaufenden, Baiera (Fig. 28) mit fächerförmigen Blättern gehören zu den Taxaceen.

Die Dyas hatte nicht nur den Pflanzenreichtum der Steinkohlenzeit endgiltig zerstört, sondern auch andere Lebensverhältnisse geschaffen.

Eine wesentliche Veränderung hatte die Erdoberfläche erfahren. Durch-Faltungen der Erdrinde schieden sich Land und Wasser. Die ausgedehnten flachen Sumpfländer der Steinkohlenzeit wurden zu Meeren vertieft und zum Teil zu Inseln erhoben, welche die spätern Kontinente andeuteten. Niedrige Wälle trennten vom Meere Binnenseen, in denen Salzablagerungen erfolgten. Der Anfang des Alpenhöhenzuges schied

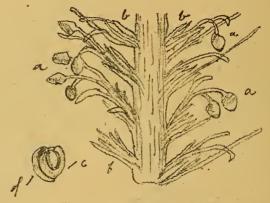
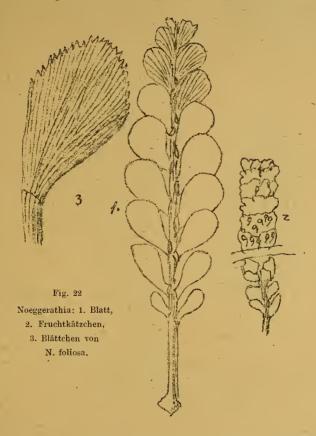


Fig. 21. Fruchtstand von Cordaites: a Früchte, b Deckblätter, c steinartiger Same, d fleischige Samenhülle.

das Mittelmeer von dem germanischen Meer. Auf dem Festland entstanden Berge und Täler. In Europa ragten Ardennen, Oden-, Schwarzwald, Fichtel-, Erzgebirg, Harz, Taunus, Tatra hervor.

Zu den Hebungen und Senkungen durch Faltung der Erdrinde gesellten sich häufige und heftige Eruptionen von Porphyren und Melaphyren, welche von Aschen- und Sandauswürfen begleitet waren und kegelförmige Kuppen oder flachgewölbte Decken schufen. Diese wurden durch heisses Wasser vielfach zerstört und lieferten das Material zu Conglomeraten und Füllstoffen für Binnenseen und seichte Meeresbuchten. Die durch heisses Wasser reichlicher gelöste Kieselsäure festigte nicht nur Conglomerate, sondern verkieselte auch Baumstämme, welche ehedem verkohlten. Bei Radowenz in Böhmen soll ein derartig verkieselter Wald von 20—30.000 Baumstämmen gefunden worden sein.

Von solchen Faltungen der Erdrinde und Durchbrüchen des Erdinnern geben ein untrügliches Zeugnis die Steinkohlen-



lager, deren ursprünglich horizontale Schichten dadurch vielfach verändert wurden, sodass sie teils verworfen oder steilaufgerichtet, teils zu Mulden oder Sätteln zusammengedrückt, teils zickzackförmig gefaltet oder fächerartig verschoben erscheinen.

So tiefgreifend die Umwälzungen auf der Erdoberfläche während der Dyaszeit auch gewesen sein mögen, so können

sie wohl die Minderung des üppigen Pflanzenwuchs, ja die vollständige Vernichtung der Vegetation an einzelnen Orten erklären, aber nicht das Aussterben von ganzen Geschlechtern und Arten, welche bis dahin alle Teile der Erde erfüllt hatten. Sie können nicht erklären die weitere Ausbreitung bisher weniger ausgebreiteter Formen und die Entstehung neuer Arten, nicht erklären die Abnahme der Gefässkryptogamen und die Zunahme der Gymnospermen nach Art und Zahl.



Fig. 23. Voltzia heterophylla: 1. Endzweig, 2. Mittelzweig, 3. Fruchtzweig.

Denn im Grossen und Ganzen überwog noch immer das Wasser und eigentliche Kontinente fehlten. Seichte Binnenmeere überspülten die flachen Gestade, seichte Binnenseen überfluteten bald die sumpfigen Ufer. Und manches Kohlenflöz der Dyasperiode beweist, dass die Landschaft noch immer das Gepräge der Sumpfvegetation trug, beweist, das die Bodenbeschaffenheit wohl geeignet gewesen wäre, die ganze Flora der Steinkohlenzeit wieder in alter Fülle aufleben zu lassen.

Aber einschneidender als die Bodenbeschaffenheit hatten sich über dem ganzen Erdball Luft und Licht verändert.

Vor allen Dingen hatte die Luft eine bedeutende Verminderung ihres Kohlensäuregehaltes erfahren.

Beweis dafür die in der Erde aufgespeicherten Kohlen. Man braucht nur an die bekannten und abgeschätzten Kohlenflöze zu denken, deren Erzeuger als lebende Pflanzen wie Schwämme auf die Atmosphäre gewirkt, die Kohlensäure aufgesaugt haben müssen, um den Kohlenstoff in verdichteter Form im Schosse der Erde fest zu bannen. Rechnet man für-

jedes Kilogramm reine Kohle oder Kohlenstoff 3²/₃ Kilogramm oder 1860 Liter Kohlensäure, so lässt sich auch ausrechnen. wie viel Kohlensäure die sechshundert Milliarden Tonnen von Kohle der Vereinigten Staaten der Luft entzogen haben. Fügtman dazu die Kohlen der übrigen Welt, so wird die Summe mindestens verdoppelt. Und wird berücksichtigt, dass man eigentlich keine Ahnung davon hat, wie viele unbekannte Kohlenschichten aller Wahrscheinlichkeit nach noch in den Tiefen der Erde unter den

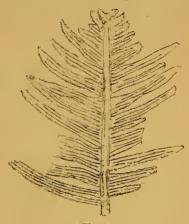


Fig. 24 Pterophyllum Brongiarti.

Ozeanen, unter untergegangenen Weltteilen verborgen sind, sowird man zugeben, dass durch den Assimilationsprozess der zahlreichen Generationen der Steinkohlenwälder der Kohlensäuregehalt der Luft wesentlich vermindert werden musste.

Ferner ist Tatsache, dass die Erde nicht geringe Mengen kohlensaurer Eisenerze birgt, deren Entstehung in jene kohlensäurereiche Zeit weist. Auch dieser Prozess mag dazu beigetragen haben, die Luft zu entsäuren.

Während die Kohlensäure der Luft durch die Assimilation der Steinkohlenwälder vermindert wurde, müsste gleichzeitig der Sauerstoffgehalt der Luft zunehmen. Einmal, weil durch die Verarbeitung der Kohlensäure mehr Sauerstoff frei wurde als die Atmung verbrauchte und dann weil bei der Verkohlung erst recht auch der übrige Sauerstoff aus seiner Verbindung mit Kohlenstoff gelöst wurde. Braucht aber 1 Kilogramm reine Kohle 3 ½, Kilogramm oder 1860 Liter Kohlensäure zu seiner Entstehung, so werden dadurch 2 ½, Kilogramm oder 1860 Liter Sauerstoff frei.

Somit kann man annehmen, dass die Luft mit jedem Kilogramm Kohle, dass in der Erde liegt, etwa 1860 Liter Kohlensäure verioren und 1860 Liter Sauerstoff gewonnen.

Die merkliche Abnahme der Kohlensäure und Zunahme des Sauerstoffs wird vielleicht am schlagendsten bestätigt durch das Auftreten luftatmender Tiere, indem solche erst gegen

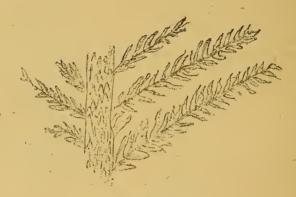


Fig. 25. Walchia piriformis.

Ende der Dyaszeit als Saurier erscheinen. Und gerade diese Tiergruppe weist zugleich durch ihre Mittelstellung zwischen Wasser- und Landtieren darauf hin, dass trocknes Land noch selten und unsicher war und die Organismen am besten erhalten blieben, die auch ein Wasserleben vertrugen.

Durch die Verminderung der Kohlensäure und die Mehrung des Sauerstoffes der Luft waren die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen wesentlich andere geworden. Schuppenartige und bandförmige Blätter sowie Blattbüschel an der Spitze der wenigen gabligen Zweige genügten nicht mehr für die Ernährung von Baumriesen. Kein Wunder, dass daher Lepidodendren und Sigillarien nicht mehr recht gedeihen konnten, immer seltener wurden und zuletzt ausstarben.

Eine andere tiefeingreifende Veränderung der Lebensweise erlitt die Pflanzenwelt in der Dyaszeit durch eine erhebliche Steigerung des Lichtes. Während jener Zeit soll sich viel Roteisenerz gebildet haben. Davon erhielt ein ganzer Abschnitt der Dyas den klingenden Namen »Rotliegendes«. Die Erscheinung wird damit erklärt, dass sengende Sonnenstrahlen auf die kahlen eisenhaltigen Tonschichten brannten und das wasserhaltige Brauneisen in wasserfreies Roteisenerz verwandelten. Unter solchen heissen Sonnenstrahlen mussten die glatten Stämme der Schuppen- und Siegelbäume gewiss schwer leiden, da sie nur an dämmeriges Licht gewöhnt waren. Sie besassen keine schützende Borke, keine hängenden Zweige,

welche das grelle Licht gemildert hätten, kein schattendes Blätterdach.

Wenn aber das Sonnenlicht solch siegreichen Einzug auf die Erde gehalten, so mussten sicherlich die dichten Wolkenschleier abgenommen haben. Und sie werden abgenommen haben, weil die Luft durch Minderung der Kohlensäure leichter geworden und durch Ausstrahlung wohl auch kälter geworden

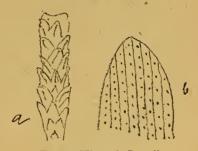
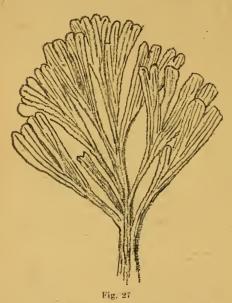


Fig. 26. Ullmannia Bronnii: α Blattzweig mit spiralig gestellten gedrängten Blättern; b Spaltöffnungen als gereihte vertiefte Punkte.

war. Dadurch war einem fortwährenden Temperaturwechsel innerhalb weiter Grenzen offenes Feld gegeben. Wohl mag die Sonne am Tag heisser als früher gebrannt haben, aber es folgten die Nächte mit ebenso starker Abkühlung. Vorbei war die gleichmässige, wohlige Wärme, nun gab es glühende Hitze aber auch empfindliche Kälte, und die Pflanzen mussten zusehen, wie sie sich nach beiden Richtungen hin schützen könnten.

Je ungleicher und wechselnder die Temperatur, umso grösser und häufiger die Veranlassung zu Luftbewegungen. Die Erhebung von Inseln und Bergen über den Wasserspiegel wird auch mehr weniger Temperaturschwankungen und Winde hervorgerufen haben, also dass manche Dyasstürme die schwankenden Baumkronen schüttelten und die schlanken Stämme und Zweige brachen. Mit der Abnahme der Wolken musste auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Häufigkeit der Niederschläge abnehmen. Es kann vielleicht Tage und Wochen grosser Trockenheit, und dann wieder Tage und Wochen grosser Feuchtigkeit gegeben haben. Kleinere oder weitere Gebiete können in kurzer Zeit ausgetrocknet und ebenso schnell wieder überflutet worden sein. Sonnengluten werden manche Gelände zeitweilig ausgedörrt haben, bis dann wieder Regengüsse dieselben unter Wasser setzten. Gewiss gab es in den neu-



Gingkophyllum Grasseti mit herablaufenden Blättern.

gebornen Landstrecken viele Ueberschwemmungen, bis Bäche und Flüsse sich Wege bahnten und die Gewässer auf grössere Entfernungen ableiteten.

Vergleicht man daher die Veränderungen der Erdoberfläche wärend der Dyas mit denen der ausserirdischen Faktoren, so wird man zugeben, dass diese bedeutend tiefer auf das Pflanzenleben eingewirkt haben werden. Das trockne Land spielte noch eine so kleine Rolle, dass die Pflanzen Hydrophyten bleiben konnten und blieben, dass sie sich dagegen den ver-

änderten Luftverhältnissen anpassen mussten, dass sie sich dahin entwickeln mussten, besser zu assimilieren, daher mehr und grössere Blätter an dichterstehenden Zweigen nötig waren, mehr Licht und Wärme aber auch Kälte und Wind und trockene Luft zu ertragen, daher die Blätter auch derber und dicker werden mussten.

Diesen Anforderungen konnten die Schuppen- und Siegelbäume, welche sich den frühern Verhältnissen am meisten angepasst, infolgedessen am vollkommensten und mächtigsten entwickelt hatten, nicht folgen und mussten nun den verän-

derten Lebensbedingungen unterliegen. Besser waren für diese die Calamiten mit quirliger Verzweigung eingerichtet und die fiederblättrigen Farne, jene durch ihre schwachen Schuppen minder gut als diese. Am besten aber sollten die Gymnospermen fahren; welche als jüngster Typus sich den neuen Luftverhältnissen am besten anzuschmiegen vermochten.

Die Geologie der Dyaszeit lehrt uns demnach über die Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten:

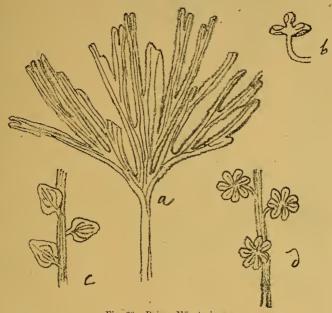


Fig. 28. Baiera Münsteriana:
a fächerförmiges Blatt, b junges Blatt, c männliche Blütenknospen,
d männliche Blüten.

1. In der Dyaszeit wuchsen auf der ganzen Erde wie in der Steinkohlenzeit meist baumartige Farne und Calamiten, aber geringer an Grösse und Fülle. Lepidodendren und Sigillarien starben aus. Mitten zwischen den Gefässkryptogamen mehrten sich die Gymnospermen nach Form und Zahl. Cycadeen: Medullosa, Pterophyllum, Noeggerathia; Coniferen: Walchia, Ulmannia, Voltzia, Schizolepis, Baiera, Gingkophyllum.

2. In der Dyaszeit erhoben sich durch Faltungen und Eruptionen aus seichten Gewässern und niederen Sumpfebenen

Inselgruppen mit Bergen und Tälern, Binnenmeeren und Binnenseen, daher ihr Gepräge noch immer Sumpflandschaft.

3. In der Dyaszeit war das Klima noch tropisch, aber die Luft war ärmer an Kohlensäure und Wasser, reicher an

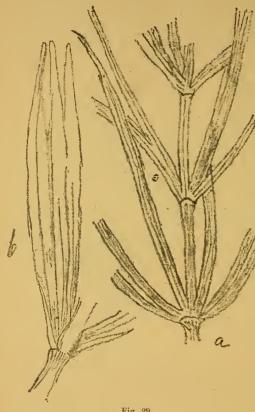


Fig. 29
Schizoneura paradoxa: a Ast, b Blatt sich spaltend.

Sauerstoff und Licht und Wind, die Temperatur wechselnd geworden.

4. In der Dyaszeit zeigen alle Pflanzen wie in der Steinkohlenzeit den Charakter von tropischen Sumpf- oder Wasserpflanzen. Alle Pflanwaren Hydrophyten und hydrophil. Auch die neuen Geschlechter der Gymnospermen waren Hydrophyten und hydrophil und suchten sich den veränderten Luftverhältnissen anzupassen.

5. Das Aussterben von alten Geschlechtern und Arten sowie die Entstehung und Ausbreitung von neuen Pflanzenformen wurde mehr

durch Veränderung des Klimas als des Bodens bedingt.

3. Das Mittelalter.

In der Dyasperiode scheint sich der Kampf zwischen Erdinnerm und Erdkruste, zwischen Land und Wasser für längere Zeit ausgetobt zu haben. Denn es folgte ein Zeitraum ruhiger Weiterentwicklung sowohl für unorganische Ablagerungen als auch für organische Lebewesen. Jene Umwälzungen waren aber so bedeutend gewesen, dass sie für Erdbildung, Atmosphäre und organisches Leben den Abschluss der »alten« und den Beginn einer neuen Zeit, des »Mittelalters« der Erde bezeichnen.

War das Altertum das Zeitalter der Gefässkryptogamen gewesen, deren gewaltige Baumformen den Gesamthabitus aller Landschaften bestimmten, düster und erdrückend durch ihre Einförmigkeit und Masse, so kann das Mittelalter mit Recht als Blütezeit der Gymnospermen bezeichnet werden,

welche während dieser nach Menge und Formenreichtum die gesammte Erde beherrschten

Und kann man in der alten Zeit von dem Vorkommen der einzelnen und vereinzelten Gymnospermenarten zwischen der Masse der Gefässkryptogamen auf ihren Sumpf- oder

Hydrophytencharakter schliessen, so rechtfertigt das Mittelalter diesen

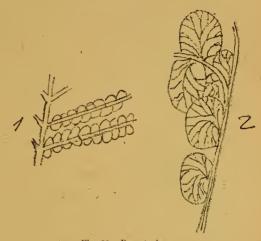
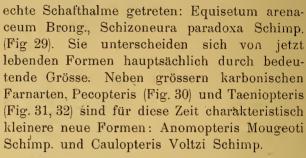


Fig. 30. Pecopteris: 1. natürliche Grösse, 2. vergrössert.

Schluss noch viel mehr, indem es erkennen lässt, dass die Gymnospermen nunmehr geradezu an die Stelle der Gefässkryptogamen treten, indem sie mächtige Wälder in ausgedehnten Sumpflandschaften, an den flachen Küsten der kleinern und grössern Inseln, an den seichten Binnenseen zwischen den Festländern bilden.

Dieser allmähliche Umwandlungsprozess lässt sich stufenweise durch alle Perioden des Mittelalters verfolgen, wobei deutlich hervortritt, dass zuerst die grössten Formen der Gefässkryptogamen aussterben, die Formen, deren Verwandte heute nur in den Tropen vorkommen, ein Fingerzeig, dass die wahrscheinlichste und jedenfalls wichtigste Ursache hievon nicht Veränderung der Bodenbeschaffenheit bzw. Austrocknung, sondern Veränderung der klimatischen Verhältnisse war. Und ebenso begegnen wir heute in Sümpfen der heissen Länder Gymnospermen, deren Ahnenreihe in jene dunkle Zeit des Mittelalters hinaufreicht.

Im »bunten Sand'stein« findet man keine Lepidodendren, Sigillarien und Calamiten mehr. An die Stelle der letztern sind



Diese neuen Arten von Schafthalmen und Farnen sind bedeutend kleiner als ihre Verwandten der frühern Perioden und lassen dadurch erkennen, dass die klimatischen Verhältnisse ungünstiger geworden. Dasselbe beweisen auch die Gymnospermen.

Unter dickstämmigen, hochgewachsenen Widdringtoniten (Fig. 33) mit zarten Zweigen und Nadeln, welche den neuholländischen Araucarien ähnlich sind, lebten als Unterholz die kleinern wasserliebenden Cycadeen, Zaptenpalmen oder Palmfarne, deren letzte Nachkommen heute an feuchten Orten der Tropen (Amerika, Ostindien, Sumatra, China, Japan, Südafrika, Neuholland) vegetieren.

Die Cycadeen sind eine ganz merkwürdige Pflanzenfamilie, indem sie in sich nicht nur Merkmale der Farne, Palmen und Gymnospermen, sondern auch solche der Mono- und Dicotyledonen vereinigen und dadurch erkennen lassen, wie sie sich zur Zeit ihrer Entstehung verschiedenen Lebensverhältnissen anzupassen suchten.

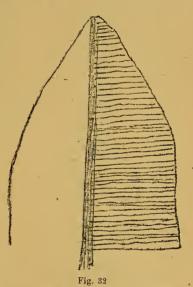


Taeniopteris superba.

Buntsandstein.

Der aufrechte unverästelte, dicke Stamm mit den Resten der abgetrockneten Blätter bedeckt, kann im Wasser stehen, Ueberschwemmungen aushalten, aber auch heisse Sonnenstrahlen vertragen. Ueber das Wasser erhebt er die grossen, gefiederten, in eine Endknospe zusammengedrängten, immergrünen Blätter, welche in der Jugend wie bei Farnen schneckenförmig eingerollt sind. Wenn sie sich aber entfalteten, so entwickelten die Wedel nicht zarte Farnfiederchen, sondern längere und breitere derbe, lederartige Blattflächen, welche auch in kohlensäureärmerer Luft genügend assimilieren und heissen Sonnen-

strahlen sowie durch kräftige Aderung heftigen Winden und Regengüssen Widerstand leisten konnten. Die zweihäusigen Blüten auf Windbestäubung angewiesen, bilden endständige Zapfen, geschützt durch kelchartig herumstehenden Blätter, ähnlich wie man es beim Straussenfarn sehen kann. Aber an der vertikalen Axe der männlichen Zapfen stehen zahlreiche schildförmige Staubblätter dicht spiralig angeordnet, welche an der Unterseite zahlreiche Staubfächer in vielen Gruppen zu 2-5 tragen. Und die weiblichen Zapfen bestehen aus gefiederten Schuppen, welche noch



Taeniopteris multinervis: Steinkohlenzeit.

die Farnnatur erkennen lassen, aber zwischen ihren Abschnitten oder an der Unterseite wie bei den Nadelhölzern zwei Samenknospen haben, welche sich am verholzenden Zapfen zu einem steinfruchtartigen Samen entwickeln.

Die Cycadeen kombinieren somit Säulenform und Fiederwedel der gleichzeitigen Baumfarne und spätern Palmen mit den Zapfenfrüchten der Nadelhölzer. Sie kombinieren aber auch eine Lebensweise in Wasser und heisser wie bewegter Luft.

Auch im »Muschelkalk«, der spezifisch marinen Ablagerung in der zweiten Periode der Trias finden sich häufig

Abdrücke des breitblättrigen Cycadeengeschlechts Pterophyllum, ein Beweis für das ausgebreitete Vorkommen desselben am Strande und im Inundationsgebiet des Meeres.

Noch zahlreicher ist Pterophyllum naturgemäss im »Keuper« vertreten, wo die Arten P. Jägeri Brong., P. longifolium Brong., P. Braunianum Goepp., P. Münsteri immer wieder-

kehren. Dazu kommen in diesem Zeitabschnitt als neue Cycadeengattungen: Zamites (Fig. 34) (distans). Pterozamites. Otozamites (Fig. 35). Dabei lässt sich eine Weiterentwicklung bzw. Vervollkommung der Blattfiedern konstatieren. welche sich nicht nur in Länge und Breite. sondern auch in der Aderung äussert: lineal einnervig, eiförmig gabelnervig, parallelmehrnervig.

Auch die Abietiden aus der Familie der Nadelhölzer mehren sich in der Trias bedeutend und entwickeln einen



Fig. 33
Widdringtonites
Keuperianus
Keuper

reichen Blätterschmuck. Bezeichnend für den »bunten Sandstein« sind die cedrenartigen Voltzien, von denen Stämme. Zweige, Blätter, Blüten und Fruchtzapfen wohl erhalten sind, Voltzia (Fig. 23) heterophylla Brong. trägt an den ältern Zweigen viele pfriemenförmige, an den jüngern Trieben lange. lineare Blätter, welche vor allen Dingen der Ernährung dienen. Albertien (Fig. waren hohe Bäume mit breiten feingestreiften Blättern. Albertia elliptica Schimp, hat den Namen von ihren breit

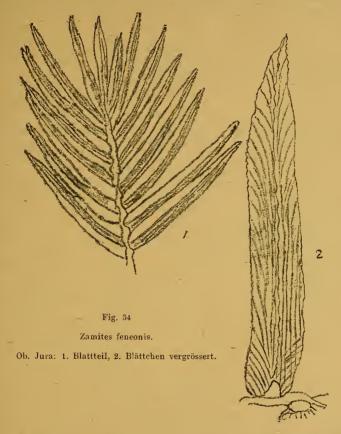
elliptischen Blättern. Voltzia hat zierliche, 3—5lappige, gefurchte Zapfenschuppen, Albertia dagegen dreieckige, ganzrandige, in eine Spitze auslaufende.

Wie Pterophyllum ist auch Voltzia im marinen »Muschelkalk« sehr häufig und man kann sich wohl denken, dass die Stämme dieser Gattung am flachen Meeresstrande den Hochwald bildeten, dessen Unterholz Pterophyllum (Fig.39). Dieser Vorstellung entspricht auch das häufige Vorkommen beider im »Keuper«.

Und wenn auch speziell für den Keuper Equisetaceen (E. arenaceum Brong., E. columnare Brong., E. Lehmanianum

Goepp., E. Münsteri) und Farne (Taeniopteris vittata Bron., Anomopteris Mougeotti Brong., Pecopteris Stuttgartiensis Brong., Clatropteris Münsteriana Schenk.) bestimmend sind, so spielen auch die Gymnospermen bereits eine grössere Rolle.

Die Juraformation war in Bezug auf die Vegetation der Erde zwar nur eine Fortsetzung der Trias, aber während dieser



Zeit erreichten die Gymnospermen ihre höchste Entwicklung und ausgedehnteste Verbreitung. Sie wurden zu Beherrschern der Welt, zu den mächtigen Braunkohlenwäldern, wie ehedem die Gefässkryptogamen die Steinkohlenwälder gebildet hatten.

Die Ablagerungen der Jurazeit entstammen zwar dem Meere und sind demgemäss arm an Versteinerungen von Landpflanzen, welche nur indirekt in das Meer gelangten. Aber diese Rudimente stammen zumeist von Cycadeen und Coniferen und beweisen damit nicht nur, dass diese Pflanzen in der Nähe der Meere gelebt, sondern dass sie in solchen Mengen vorhanden waren, dass sie den Charakter der Pflanzenwelt bestimmten. Ihr Vorkommen an solchen Orten, ihr massenhaftes Auftreten, ihr Auftreten in Gesellschaft der immer mehr zurücktretenden Gefässkryptogamen beweisen ihre hydrophile Lebensweise.

So findet man im Lias, dem untern oder schwarzen Jura neben Fucoiden die Cycadeen, Pterophyllum, Zamites — kurze, dicke Stämme, gefiederte Blätter mit herzförmigen, an der

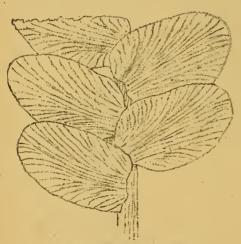


Fig. 35. Otozamites Beani Jura.

Basis geöhrten Blättchen
— Podozamites und dazwischen verkalkte und
verkohlte Coniferenstämme und -Zweige
(Araucarites peregrinus).

Von solchen liasischen Gymnospermenwäldern an flachen Küsten und seichten Buchten der Jurameere oder an Sümpfen und Seen des niedrigen Binnenlandes erzählen die ungarischen Kohlenflöze von Fünfkirchen (25 abbauwürdige mit einer

Gesamtmächtigkeit von 26 Meter), Steierdorf im Banat, Hohlbach-Wolkendorf in Siebenbürgen, aus welch letzterem man die Cycadeen Zamites Schmiedeli Sternb., Pterophyllum rigidum Andr. Cunninghamites sphenolepis Braun. feststellen konnte (Fig. 38).

Ein ähnliches Pflanzenbild bietet der Dogger, mittlere oder braune Jura, aus dem eine ganze Kohlenformation in England (Yorkshire) und Schottland bekannt ist. Hier hat man eine Flora von 37 Farnarten, 3 Equiseten, 11 Cycadeen (Zamites,

¹ Hauer und Stache.

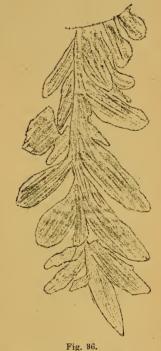
Otozamites, Podozamites, Mantellia, Ctenis, Pterophyllum) 12 Coniferen und 3 Monocotyledonen (Pandanen, Palmen) gefunden, 1

Auch der obere oder weisse Jura enthält in seinen Meeresablagerungen nur Pflanzenreste von Farnen, Cycadeen (Divonites) und Coniferen (Baiera, Araucaria, Gingko).

Alle jurassischen Ablagerungen in Sibirien und Spitzbergen wie in Japan und Indien, wie in Australien und Süd-

afrika enthalten dieselben Cycadeenund Coniferenarten und bezeugen dadurch die Gleichheit der Gesamtflora der Erde, bezeugen, dass die landschaftliche Physiognomie der ganzen Erde durch Cycadeen und Coniferen bestimmt war.

Auch die erste Hälfte der Kreideperiode veränderte kaum das Pflanzenbild der Jurazeit. Dieselben Geschlechter der Farne, Cycadeen und Coniferen bildeten auch die Kreidewälder. Ja die gleichen Arten sind auch aus dieser Zeit aus den verschiedensten Gegenden, aus Frankreich, Belgien, Portugal, England, Grönland, Deutschland, den Vereinigten Staaten, Japan bekannt, sichere Zeichen dafür, dass auch während der »untern Kreide« auf der ganzen Erdoberfläche ähnliche Zustände herrschten, das Pflanzenkleid überall hydrophilen Charakter trug.



Albertia Brauni, Buntsandstein.

Das besagen auch die Lagunenund Morastbildungen der »Wealdenformation« aus der untern Kreide. Diese erzeugte in Nordwestdeutschland (am Deister, Osterwald, Bückeburg und Schaumburg fünfzehn Flötze von 0·07—0·2—1—2 Meter Mächtigkeit) echte Steinkohlen, aber nicht aus Lepidodendren, Sigillarien und Calamiten, sondern aus Coniferen (Abietites Linki Röm.), Cycadeen (Anomozamites,

¹ Credner p. 559.

Pterophyllum, Podozamites), Farnen (Baiera, Oleandridum, Laucopteris, Sagenopteris, Dictiophyllum), Marsilien (Jeanpaulia) und Equiseten.

Wohl zählen die Gefässkryptogamen mehr als doppelt so viele Arten — sind sie doch der ältere Pflanzentypus — aber der Menge nach überwiegen die Gymnospermen, welche sowohl durch Individuenreichtum als auch durch Holzmasse dominieren.

Dasselbe gilt auch von den Pflanzenresten der untern Kreide Grönlands, in welchen Heer 30 Farne, 9 Cycadeen, 17 Coniferen fand, welche auf ein Klima hinweisen, wie es

heute in Aegypten und auf den Kanarischen Inseln herrscht.

Die Pflanzenreste des Mittelalters bis inder klusive untern Kreide zeigen. dass während dieser Zeit auf der ganzen Erde Cycadeen und Coniferen die Physiognomie der Waldvegetation bedingten. Und zwar erreichten die Cycadeen nach Art und Individuenzahl höchste Entwicklung. Aber stets finden sich Umgebung ihrer Schafthalme und Farne



Fig. 37 Pagiophyllum (Araucarites) peregrinum.

in erheblicher Menge und in stattlicher Grösse und in vielen altern und neuen Arten und deuten dadurch unzweifelhaft auf wasserreichen Boden und hydrophilen Charakter auch von Cycadeen und Coniferen.

Ja der Umstand, dass bis zum Ausgange des Mittelalters die Pflanzendecke der ganzen sogenannten Erdfeste aus baumartigen Gewächsen bestand, dass weder Moose noch Gräser den Boden der Wälder überzogen oder

ausserhalb derselben kahle Flächen bekleideten, dürfte seinen Grund weder in der zarten Beschaffenheit solcher Pflanzen haben, da Farnfiederchen nicht minder zart waren, noch in dem dichten Stand und rapiden Wachstum der Bäume, sondern viel mehr in dem wasserreichen Boden, der vielleicht auch kurze Zeit trocken sein konnte, aber doch zumeist sumpfig und zeitweilig Ueberschwemmungen ausgesetzt war, denen nur schnellwachsende baumartige Pflanzen widerstehen konnten.

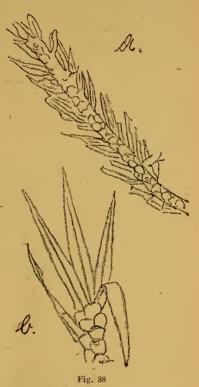
Einen wiederholten Wechsel von Hebung und Senkung weiter Gebiete beweisen nicht nur die zahlreichen überein-

ander liegenden Kohlenflötze, sondern auch die unorganischen Schichtenbildungen mit ihren tierischen Versteinungen.

Die Trias begann mit Ablagerungen von buntem Sandstein in seichten Inselmeeren, während sich im Ozean Muschelkalk bildete. Schon die Keuperzeit brachte eine langsame Hebung des Bodens. Schwarzwald, Vogesen, Oden-

wald, Spessart, Röhn stiegen mit ihren roten Sandmauern allmählich aus der See, und bald kamen auch wellige Ebnen von Muschelkalk an die Oberfläche des Wassers, die jedoch nach kurzer Zeit abermals versanken und mit sandig-mergeligen Keupermassen bedeckt wurden (Neckar-Tauber-Maingegend).

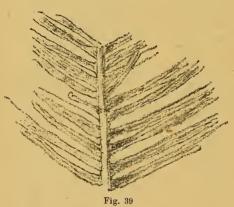
In Deutschland, Lothringen, Burgund, England lagern über Muschelkalk Sandsteinschichten mitschwachen Kohlenflözen (Lettenkohle). schenkeldicke Schafthalme und Cycadeen und riesige Froschsaurier enthalten. Darüber folgen Mergel mit Meermuscheln, auf diese wieder Schichten Pflanzen und Reptilien in öfterem Wechsel, zuletzt mariner Sandstein mit so viel Fischschuppen, -Wirbeln, -Flossen, -Gräten und Reptilienknochen, dass man diese Ablagerungen Knochen-



betten (»Bonebed«) genannt hat. Und Quenstedt nennt das Bonebedmeer ein Meer, »das mit seinem seichten stinkenden Wasser kaum den Boden leckte.«

Grössere Ueberflutungen fanden in der Jurazeit statt, so dass während dieser Periode wahrscheinlich der grösste Teil von Mitteleuropa und England von einem Jurameer bedeckt war. Schichten von abwechselnden Brack-, Meer-, Süsswasserablagerungen und Dammerde oder Festlandgebilden in Norddeutschland und England, die Purbeck genannt werden, lassen erkennen, dass hier gegen Ende der Juraperiode wiederholt Hebungen und Senkungen erfolgten, die zuletzt ein flaches Küstenland, ein echtes Sumpfland zurückliessen. Jene vorweltliche Dammerde umschliesst zahlreiche Reste von Cycadeen und Coniferen, deren Stämme oft noch aufrecht stehen und deren Wurzeln in den Untergrund eingreifen, während abgebrochene Stämme horizontal zwischen stehenden Strünken liegen¹ (Fig. 40).

Auf die limnischen Ablagerungen des Purbeck folgten die Lagunen- und Morastbildungen der oben genannten Wealden-



Pterophyllum Jaegeri, Keuper.

formationen der untern Kreide, welche nur dadurch möglich waren, dass jene Juraschichten im Wasser etwas gehoben wurden, da sonst in regelmässiger Weise marine Kreideschichten gefolgt wären.

Denn das Kreidemeer bedeckte wieder grosse Flächen der frühern Kontinente. Breite Meeresarme drangen tief in das Land und um-

spülten die grössern und kleinern Inseln, rissen tiefe Buchten in die flachen Gestade und füllten andere seichte Busen auf. An den Küsten wechselten Hebungen und Senkungen, wechselten marine, brackische und süsswasserartige Ablagerungen.

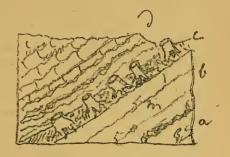
Von der Sumpfnatur des mittelalterlichen Bodens, von Austrocknen und Ueberschwemmen legen auch die zahlreichen Salzablagerungen Zeugnis ab, welche sich in abflusslosen weiten Becken von Binnenmeeren und Binnenseen zwischen flachen Inseln bildeten. Sie konnten, wie man allgemein

¹ Credner p. 573.

annimmt, nur dadurch aufgebaut werden, dass jene Becken, durch niedrige Erdrücken zeitweilig vom Meere abgeschlossen, mehr oder weniger eintrockneten und dann immer wieder mit neuen Salzfluten gefüllt wurden, also dass infolgedessen jedenfalls auch die Wasserverhältnisse der nähern und weitern mehr oder minder flachen Umgebung beeinflusst wurden.

So finden sich im Buntsandstein oder Röth bei Schöningen (Braunschweig), bei Hannover und Salzgitter mächtige Einlagerungen von Salz. Ferner gibt es im Muschelkalk von Baden, Thüringen, Schwaben, Baiern, der Nordschweiz Salzlager, welche in Rappenau, Wimpfen, Hall, Dürr-

heim, Schweizerhall Soole bei Erfurt, Friedrichshall, Wilhelmsglück (16 Meter mächtig) Krystallsalz liefern. Am berühmtesten ist das Stassfurter-Schönebecker Lager in Sachsen, welches regelmässige, etwa 2 Meter dicke, durch Anhydrit getrennte Schichten besitzt, über denen eine Decke von Magnesia- und Kalisalzen liegt. Kleiner sind die Lager bei Sperenberg nächst Berlin und Segeberg in Holstein.



von Magnesia- und Kalisalzen Fig. 40
liegt. Kleiner sind die Lager Purbeck-Schichten:
a Portland marin, b Süsswasserschichten,
bei Sperenberg nächst Berlin a Dammerde mit Coniferen, d Süsswasserkalk.

Bayern besitzt die bekannten Salinen von Berchtesgaden, Reichenhall, Traunstein, Rosenhein. In Northwich bei Liverpool werden aus dem Keuper jährlich 20 Milionen Meterzentner Salz versotten. Ebenfalls aus dem Keuper stammt das Salz in Lothringen bei Vic, Dieme, Chateau Salins.

Von der Sumpfnatur des mittelalterlichen Bodens erzählen aber auch die Kohlenflöze, welche sich wie in der Steinkohlenzeit nur in Niederungen bilden konnten, die immer tiefer einsanken und wiederholt überflutet wurden. Sie unterscheiden sich aber von jenen, abgesehen vom Material, auch durch geringere Zahl und Mächtigkeit, weil die Inselfestländer wohl mehr Beständigkeit erlangt hatten, und die Meereseinbrüche, welche die Pflanzen verschütteten, seltener und minder heftig waren.

Die Kohlen des Mittelalters führen den Namen Lettenkohlen und sind meist nicht abbauwürdig. Doch finden sich auch brauchbare Flöze. So bergen Keuperschichten in Würtemberg und Bayern (Bayreut, Veitlahn) unbrauchbare Flöze, bessere in Polen (Siewierz, drei von 1—2 Meter Mächtigkeit), in Thürigen bei Mattstedt, Tennstädt, Mühlhausen, Sonneborn, Arnstadt, in Franken bei Kissingen und Würzburg, in Oesterreich zwischen Gmunden und Wien.

Aus dem Lias sind Kohlenflöze bekannt von Oesterreich (Gresten, Grossau), von Ungarn Steierdorf, Fünfkirchen, welch letzteres 25 abbauwürdige Flöze mit 26 Meter Mächtigkeit besitzt. Aus derselben Zeit stammen die Kohlen von Wolkendorf-Hohlbach-Neustadt im ehemaligen Siebenbürgen.

Eine ausgedehnte Kohlenformation aus dem braunen Jura führen England (Yorkshire, Brura) und Schottland, welche damals wahrscheinlich ein grosses, flaches, sumpfiges Festland bildeten. Derselben Zeit entstammen auch die Flöze von Bornholm und Schoenen.

Die Purbeckschichten Englands und Deutschlands (Hannover) entstanden im weissen Jura und deuten ebenfalls auf einen stillen Kampf zwischen Land und Wasser.

Umfangreicher sind die Kohlenflöze der Wealdenstufe aus der untern Kreide. Bei Niederschöna in Sachsen, am Altenberg bei Quedlinburg, bei Wenig-Rackwitz und Ottendorf in Schlesien sind die Flöze wenig mächtig, bedeutender dagegen am Deister, Osterwald, Süntel, im Bückeburger und Teutoburger Wald, bei Schaumburg. Ueberblickt man die Lage dieser Orte, so gewinnt man die Vorstellung einer fast zusammenhängenden Sumpflandschaft aus der untern Kreide,

Insbesondere erweckt die grosse Anzahl der aufeinanderfolgenden, wenn auch schwachen Flöze den Eindruck langdauernder und wechselnder Versumpfung.

In England trat Wealden-Sumpf- und Strandbildung in Kent, Sussex, Essex auf und reichte bis nach Frankreich (Boulogne).

Wenn demnach die Kohlenflöze des Mittelalters nicht die Mächtigkeit und üppige Fülle der Steinkohlenzeit zeigen, so kann als Ursache nicht Wassermangel oder Trockenlegung des Festlandes angenommen werden. Der Grund kann nur

in dem Wechsel und stetigen Abnehmen der Temperatur liegen.

Die Geologie lehrt demnach über die Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten während der Trias-, Juraund untern Kreidezeit des Mittelalters:

- 1. In der Trias-, Jura- und untern Kreidezeit wuchsen auf der ganzen Erde baumartige Cycadeen und Coniferen, welche die Physiognomie der Landschaften bestimmten. Die Cycadeen erreichten im Jura den Höhepunkt ihrer Entwicklung. Die Baumriesen der Lepidodendren und Sigillarien waren vollständig, die der Calamiten zumeist ausgestorben. Aber kleinere baumartige Farne und echte Schafthalme begleiten stets und überall in ältern und neuen Formen die Gymnospermen.
- 2. Im Mittelalter erlangten die Kontinente durch Ablagerungsmassen grössere Beständigkeit, waren aber doch zum grössten Teil vom Wasser bedeckt. In der Trias war das Inland ein flaches Küstenland von seichten Binnenmeeren und abflusslosen Binnenseen bedeckt. In der Jurazeit erfolgte eine neue Ueberflutung. Auch das Kreidemeer bedeckte grosse Flächen der Festländer, welche durch Meeresarme in grössere und kleinere buchtenreiche Inseln zerteilt wurden.
- 3. Dagegen hatte sich im Mittelalter das Klima auf der ganzen Erde gleichmässig geändert. Wohl war es noch tropisch aber entschieden kälter als im Altertum, daher der Uebergang von Calamiten zu Equiseten. Winde waren die Träger des Blütenstaubes zwischen eingeschlechtigen und zweihäusigen Gymnospermen.
- 4. Auch im Mittelalter zeigen alle Pflanzen den baumartigen Typus tropischer Sumpfpflanzen. Die Cycadeen und Coniferen jener Zeit haben ihre heutigen Verwandten in tropischen Sumpfländern, waren also wohl auch hydrophil. Farne und Schafthalme, reich an Formen und Zahl, vervollständigen den hydrophilen Habitus der mittelalterlichen Sumpfwälder.

4. Tertiärzeit inklusive "obere Kreide".

Für das Pflanzenleben beginnt die Neuzeit schon in der jüngern Kreideformation, da in diese Zeit das erste Auftreten von Angiospermen fällt. Es waren dies Laubbäume mit vollkommenen Blüten und echten geschlossenen Früchten, daher Bedecktsamige genannt, Vorboten unserer heutigen Flora

Die früher auf Grund europäischer Forschung allgemeine Ansicht, dass Laubbäume und Angiospermen überhaupt in der untern Kreide noch nicht vorhanden waren, ist durch amerikanische Funde¹ modifiziert worden, indem in Maryland und Virginia in der Potomac-Formation, welche etwa dem europäischen Wealden entspricht, neben Farnen und Nadelhölzern auch Angiospermen gefunden worden sind. Es sind altertümliche Formen, welche an heutige Geschlechter von Salix, Populus, Platanus, Ulmus erinnern.

Ob nun das erste Auftreten von Angiospermen auf der Erde in die obere oder untere Kreide fällt, ob es gleichzeitig an vielen Orten der Erde erfolgte oder in Europa später als in Amerika, so weisen doch die Funde in beiden Weltteilen übereinstimmend und dadurch noch überzeugender auf den hydrophilen Charakter der Gymnospermen hin.

Zuerst ist die Tatsache auffallend, dass die Angiospermen nicht allmählich erscheinen, zuerst in einzelnen Formen und wenigen Individuen, zuerst unvollkommene, dann höher organisierte Geschlechter, wie man entsprechend der bisherigen Entwicklung der blütenlosen Pflanzen und Gymnospermen erwarten sollte, sondern auf einmal in grossem Reichtum der Arten, Monocotyledonen und Dicotyledonen neben- und durcheinander.

So hat man im »Quadersandstein« von Aachen, der ältesten europäischen Fundstätte von Angiospermen, etwa 200 verschiedene Arten von Bedecktsamigen nachgewiesen. Dieselben Geschlechter in wechselnder Zahl hat man auch im Quadersandstein am Harz, in der obern Mergelkreide von Westfalen, in dem Pläner von Sachsen, Böhmen und Schlesien, in dem Kohlenschiefer von Grönland und Spitzbergen gefunden.

Und wenn die älteren amerikanischen Funde auch weniger Arten ergeben haben, so sind doch auch diese als zahlreich zu bezeichnen im Verhältnis zu dem ersten Auftreten von

¹ W. M. Fontaine, The Potomac or younger mesoroic flora Monogr. of the United States geol. surveg. vol. XV 1839. Siehe Zeitschrift der deutschen geol. Ges. 1889 p. 21.

Gymnospermen, und mannigfaltiger organisiert als die ersten Cycadeen und Coniferen.

Dieses plötzliche Auftreten so vieler und verschiedener Arten von Angiospermen ohne Vermittlungsformen dürfte darin eine naturgemässe Erklärung finden, dass ihre Entwicklungsherde im Innern grösserer Landstriche, entfernt von ausgedehntern Gewässern, lagen, in Gebieten, welche Senkungen und Ueberschwemmungen bis dahin bis zur obern Kreide nicht ausgesetzt waren, während Cycadeen und Coniferen von jeher die Strandflora bildeten und die Ebenen erfüllten, welche fortwährenden Ueberflutungen und Senkungen ausgesetzt waren.

Dass die ersten Angiospermen in grösserer Entfernung von ausgedehntern Gewässern lebten, scheint auch daraus hervorzugehen, dass sie meist nur spärliche Reste von Blättern zurückgelassen haben, die vielleicht durch Winde oder Stürme im Herbst aus bedeutenderer Ferne oder von weitern Höhen in die Kreidemeere verweht worden waren. Von Gymnospermen liegen dagegen an denselben Orten ausser leichter beweglichen Zweigen, Blüten und Früchten auch die massigen Aeste und Stämme.

Gleichwohl ist nicht zu verkennen, dass trotzdem auch die Angiospermen, deren Reste neben und zwischen Gymnospermen lagern, wasserliebende Pflanzen waren. Zu diesen zählen vor allen Dingen Palmen und Pandanen, welche durch ihren Habitus an Baumfarne und Cycadeen erinnern und heute noch in wasserreichen Ebenen, an den Mündungen grösserer Flüsse in warmen Ländern zu Hause sind und »ihre Füsse gerne in Wasser baden.« Ebenfalls nassen Boden bevorzugen die Flüsse liebenden Weiden, Pappeln, Platanen, Ulmen. Weit verbreitet war die Gattung Gredneria, wahrscheinlich ein Kätzchenblüter, dessen auffallend grosse Blätter auf Wasserliebe schliessen lassen.

Andere Pflanzengruppen besitzen auch harzartige Ausscheidungen. Die Ficusarten entstammen einem feuchten Boden und verraten durch Milchsaft und Kautschuk Beziehungen zu harzenden Pflanzen. Lauraceen, vertreten durch Sassafras, Kampfer- und Zimmtbaum, deren Nachkommen heute in wasser-

reichen Gegenden Amerikas und Südasiens leben, haben ähnliche ätherische Oele wie die terpentinreichen Nadelhölzer. Die Gattung Hymenaea aus der Familie der Caesalpiniaceen hat gegenwärtig in Südamerika, Mexiko und und auf den Antillen lebende Verwandte, welche in der Rinde Kopal oder Hartharz aussondern.

Dass die Gymnospermen auch während der Tertiärperiode ähnliche Gelände wie früher in grossen Wäldern bewohnten, bezeugen die zahlreichen und ausgedehnten Braunkohlenlager, welche während dieser Zeit auf der ganzen Erde entstanden.

Grönland, jetzt zumeist von Gletschern bedeckt, hat Flöze bis zu 3 Meter Mächtigkeit. Spitzbergen, Island, der arktischamerikanische Archipel, die Bäreninseln, Nordkanada bergen Braunkohlen, als ob die ganze heutige kalte Zone ein einziger Nadelwald gewesen wäre. Das kohlenführende Becken Mitteleuropas von den Mittelgebirgen im Süden bis zur See im Norden, von Sylt im Westen bis Dnjepr und Don im Osten wird auf 4-5000 Quadratmeilen geschätzt und das der Mark und Lausitz auf 800 Quadratmeilen. An dieses grenzt das sächsisch-thüringische Becken von Halle. Andere Braunkohlenstätten sind in Niederhessen (Meissner), Rhön, Wetterau, Oberhessen, Westerwald, Niederrhein, bayerische Oberpfalz, Oberschlesien, Böhmen, Mähren. Das ausgedehnte ungarische Becken erstreckt sich von den Alpen nach Steiermark bis Kärnthen, und nach der andern Seite umgürtet die Alpen ein breites Band von Oberösterreich bis Südfrankreich und nordwärts bis Oberschwaben, ferner vom Südfuss der Alpen bis nach Dalmatien und Italien. Ausserdem hat Frankreich noch Braunkohlen in der Auvergne, an der Rhonemündung (Aix) und im Pariser Becken. Aus Nordamerika sind Braunkohlenlager bekannt im obern Missourigebiet und im Vancouver, aus Asien auf den hinterindischen Inseln und Japan.

Zahl und Mächtigkeit der Flöze sind an den verschiedenen Orten verschieden. Bald ist nur ein einziges vorhanden, bald lagern mehrere übereinander. Am Pleissenberg in Oberbayern liegen 17 übereinander, bei Riedstedt 5, bei Moskau 6. An manchen Stellen beträgt die Mächtigkeit kaum einen Zentimeter, an andern bis 30 Meter, im steierischen Kainachtal bis

38 Meter, bei Halle hat das untere Flöz 2-3 auch 6 Meter, das obere 15-3 auch 5 Meter.

Auch die Beschaffenheit der Braunkohlen ist sehr verschieden. Zuweilen haben die Abteilungen eines Flözes verschiedene Varietäten.

Mögen sich aber die Braunkohlenlager im Norden oder Süden der Erdkugel, in der alten oder neuen Welt befinden, überall sind sie der Hauptmasse nach aus Coniferen entstanden, aus Gattungen der Familien der Abietineen (Pinites, Pinus,

Sequoia (Fig. 42), Cupressineen (Callitris,

Cupressinoxylon, Glyptostrobus(Fig.41), Cupressus, Widdringtonia), Taxineen (Taxodium, Sumpfcypresse (Fig. 43), Podocarpus, Salisburia).

Pflanzen-Die struktur der Braunkohlen ist viel besser erhalten als die der Steinkohlen, so dass man die Abstammung jener sicherer erkennen kann als die der letztern. Daher hat man nicht nur ihre Coniferennatur genau feststellen können, sondern Stämme, beblätterte Zweige, Blü-



Glyptostrobus europaeus: a Zweig mit Zapfen, b Zweig mit männlichen Blüten, c männliche Blüte vergrössert, d weibliche Blüte.

ten und Früchte haben bestimmt ergeben, dass die Braunkohlenwälder ebenso typisch Nadelwälder waren wie die Steinkohlenwälder Gefässkryptogamenwälder gewesen, und dass jene gerade wie diese aus verhältnismässig wenigen Arten bestanden, die aber in grosser Menge auftraten. Und daraus kann geschlossen werden, dass die Lebensverhältnisse der Coniferen auch während dieser Zeit von grösserer Gleichartigkeit und Beständigkeit waren. Dabei ist wesentlich, dass gerade Stämme von Coniferen das Hauptmaterial der Braunkohlen geliefert haben, welche an demselben Platze gewachsen. So hat man an der Hardt bei Bonn auf einer Fläche von 22 preussischen Morgen 35 noch aufrechte Stümpfe gefunden, deren schwächster 0.8 Meter und deren stärkster 2.5 Meter Durchmesser misst und dessen Alter nach seinen Ringen auf 3000 Jahre geschätzt wird. Die Stämme zeigen noch die in Ton eindringenden Wurzeln und sind in

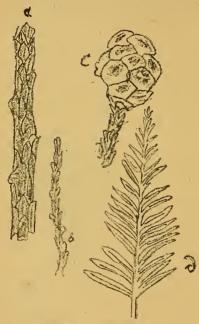


Fig. 42. Sequoia Couttsiae: a älterer, b jüngerer Zweig, c Zapfen, d S. Langsdorfi.

einer Höhe von 3—5 Meter abgebrochen. Die Bäume gehören zur Gattung Cupressinoxylon. Seltner sind dazwischen Taxus- und Pinusarten.¹

Gewaltige aufrechtstehende Stämme hat man auch in der Rhön bei Bischofsheim und Kaltennordheim gefunden. Vereinzelt sind sie fast in jedem mächtigern Flöz anzutreffen.

Die Hauptmasse der Braunkohlenflöze in der Umgebung des Harzes besteht aus Stämmen von Taxites Ayckkii und Taxoxylon Goep perti, die von Schlesien aus Cupressinoxylonponderosum, C. protolarix, C. leptotichum, Taxites Ayckkii, die um Leipzig aus Sequoia Couttsiae.

Während demnach die Kohlenflöze selbst vorherrschend aus wenigen Gattungen und wenigen Arten von Coniferen gebildet sind, zeigen die tonigen und sandigen Zwischen- und Unterlagen »ein Herbarium«² der verschiedenartigsten Angiospermenarten, deren Verwandte jetzt in tropischen, subtropischen

¹ Von Decken.

² Senft p. 514.

und warm-temperierten Zonen leben. So nennt Heer aus der nordischen Braunkohlenflora 9 grosse Farne, 31 Nadelhölzer, 11 Monocotyledonen und 99 Dicotyledonen. Aber — und das ist von Wichtigkeit für die Beurteilung des Standortes — die Ueberreste der Angiospermen sind trotz ihrer gewaltigen Artenzahl doch zumeist nur Blätter und diese liegen nur in den tonigen oder sandigen Deckschichten und nicht auch in den

Flözen selbst, trotzdem sie von Bäumen stammen, die auch eine ansehnliche Grösse und Dicke hatten.

Schon oben wurde angedeutet, dass wir diese eigentümliche Erscheinung damit erklären könnten, dass wir uns vorstellen, die kohlenbildenden Cóniferen wären in Niederungen, in mehr oder weniger nassen oder ausgetrockneten Binnenseen und Buchten gewachsen, die Angiospermen dagegen auf entferntern Anhöhen, und als dann jene durch Senkung und Ueberflutung und Schwemmstoffe begraben wurden, habe der Wind jene Blätter in das Wasser geweht, wo sie in die Schlammschichten eingeschlossen wurden.

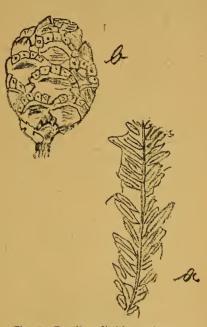


Fig. 43. Taxodium distichum miocenum: $a \ \ {\rm Zweig}, \ \ b \ {\rm Zapfen}.$

Diese Vorstellung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn auf die Beschaffenheit und Lagerung der Braunkohlen geachtet wird.

Moor- und Erdkohlen können nur in Sumpf- und Waldmooren entstanden sein, wie der Torf noch heute entsteht, sei es aus abgebrochenen Pflanzenteilen, sei es aus vegetabilischem Moder, der sich im Wasser abgesetzt. Kohlen, welche entrindete und durcheinanderliegende Aeste und Stämme aufweisen, können nur aus Bäumen entstanden sein, die als Treibholz an den Mündungen langsam fliessender Ströme zusammengeführt wurden, wie es auch heutzutage beobachtet werden kann.

Den Stempel derartiger Schwemmbildung tragen viele kleine und schwache Kohlenflöze mit lockerer unreiner Kohle, die abzubauen selten lohnend ist.

Die mächtigen Kohlenflöze von meilenweiter Ausdehnung, mit reiner harter Kohle, mit aufrechten Baumstämmen und -stümpfen, die noch unversehrte Rinde oder gar in die untere

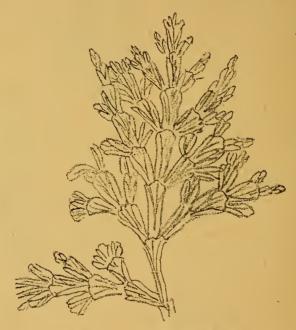


Fig. 44. Libocedrus salicornioides Miocan.

Tonschichte eindringende Wurzeln haben, können nur das Produkt von Bäumen sein, welche an derselben Stelle gelebt und durch Senkung des Landes und Einströmen von Fluten untergegangen.

Und die oft muldenförmige Gestalt der Lager, welche allseitig auskeilen, die oft linsen- und nesterförmige Gestalt kleinerer Lager, deren Figuration leicht zu verfolgen, stützt die Vermutung, dass sich die Flöze in Becken gebildet haben, welche

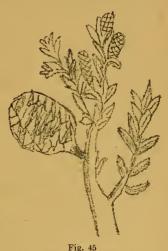
zwischen Bergen eingeschlossen waren, oder in Binnenseen oder in Busen, welche tief ins Land einschnitten. Es mussten Landstrecken sein, welche leicht überflutet werden konnten, da sie ja tatsächlich wiederholt überflutet wurden. Und an solchen Orten konnten nur hydrophile Pflanzen immer wieder und wieder heimisch werden.

Dass solche Bildungsorte, engere und weitere und weiteste Becken mit süssem, brackischem und salzigem Wasser gerade im Tertiär in Menge vorhanden waren, ist durch unorganische

Ablagerungen mit tierischen Einschlüssen unzweifelhaft nachgewiesen.

Und dass solche abflusslose Becken, welche von benachbarten Höhen süsses Wasser, über flache Landengen Salzfluten oder beide zugleich, daher Brackwasser, erhielten, mit ihrem wasserreichen Boden der typische Aufenthalt von Nadelhölzern waren, beweist a uch das Senftenberger Kohlenrevier in der Niederlausitz.¹

Dieses Braunkohlenflöz, etwa eine Quadratmeile gross und bis 20 Meter mächtig, zeigt ebenfalls aufrechte Baumstümpfe, welche zum Teil mehrere Meter Durchmesser auf-



Dammarfichte (Dammara australis).

weisen und wie Bäume in einem Urwalde nebeneinander stehen. Sie sind in einer bestimmten Höhe abgebrochen, wahrscheinlich in der Höhe des Wasserspiegels, in dem der über das Wasser ragende Teil zerstört und abgebrochen wurde, der untere aber erhalten blieb. Horizontalliegende Stücke, bis 20 Meter lang geben, Kunde von der Länge der Bäume.

Und diese Stämme waren Sumpfcypressen (Taxodium distichum (Fig. 43), welche in der Miocänzeit in ganz Europa ausgedehnte Wälder bildeten, heute dagegen im südlichen Nord-

¹ Dr. H. Potonié, Entwicklung der Pflanzenwelt in »Weltall und Menschheit« p. 404.

amerika ein Hauptbaum der dortigen Waldsümpfe ist, die der Amerikaner geradezu als »Cypress swamps« bezeichnet.

Dasselbe Bild wie im Senftenberger Revier gewährt auch das Lager bei Grossröschen in der Niederlausitz, wo die Stümpfe so dastehen, »als sei ein tausendjähriger Forst eben erst abgehackt worden«¹ (Fig. 46).

Wie die Sumpfcypressen mögen auch die andern Nadelholzarten in den Niederungen, in Sümpfen, an dem Wasser und in dem Wasser urwaldmässig gelebt haben, bis sie das Schicksal ereilte und vollends in dem nassen Elemente verschüttete.

Selbst wenn man davon absieht, dass der Nährboden der Nadelhölzer durch das von benachbarten Bergen sich ansammelnde Wasser oder durch öftere kleinere Ueberflutungen versumpft gewesen sein mag, so bürgt schon das urwaldmässige Wachstum, dichter Stand, gewaltige Höhe, grosses Alter der Bäume für einen grossen Reichtum an Wasser und Hydrophilie der Pflanzen.

Ueber solche Urwälder konnte der Wind wohl kaum Blätter und Blüten und Zweige und Früchte der Angiospermen wehen, welche noch im Innern des Festlandes lebten, oder wenn solche auch den Urwaldboden erreichten, so verschwanden sie in der Holzmasse der Coniferen. Sobald diese aber in die Tiefe gesunken, und ein weiter Wasserspiegel sich bis in die Nähe der Angiospermen ausbreitete, flogen deren Blätter in Menge über die Wasserebene und sanken zuletzt mit Sand und Ton ebenfalls in die Tiefe, bis sich die Wasser verliefen und neuer Coniferenwald an die Stelle des alten trat.

Auch während der Tertiärzeit fehlten auf dem Boden der Coniferenwälder noch Moose, Gräser und Binsen, deren Entwicklung durch Wasserfluten verhindert oder deren Bestand durch dieselben vernichtet worden wäre.

Auch Vorkommen und Entstehung von Bernstein dürfen vielleicht darauf hinweisen, dass die Nadelbäume in wasserreichem Gelände wuchsen und gediehen, auf trockenem Boden dagegen kränkelten und zugrunde gingen.

¹ Säurich p. 31.

Zuerst steht fest, daß der Bernstein das versteinerteHarzvon verschiedenen tertiären Coniferen ist.

Von Herodot stammt eine Sage über den Bernstein, welche Ovid in seinen Metamorphosen poetisch verarbeitet hat Danachwurde Phaëton, als er mit dem Sonnenwagen die Erde in Brand gesetzt und von Zeus in den Eridanus gestürzt worden, von den Najaden am Ufer begraben. Seine Schwestern, die Heliaden, fanden das Grab, konnten sich von demselben nicht trennen und vergossen unaufhörlich Tränen. Da wurden sie von den mitleidigen Göttern in Bäume verwandelt, von deren Zweigen aber die Tränen weiter flossen, welche an der Luft zu Bernstein erhärteten.



Und in der Tat könnte man den Bernstein, dessen Coniferenharznatur Goeppert¹ untrüglich und entgiltig nachgewiesen, als Tränen auffassen, als Ausdruck von Leiden und Krankheit, als Vorboten des nahenden Untergangs von Nadelwäldern, welche durch Hebungen der Erdrinde aus nassen Niederungen auf trockene Höhen kamen und aus Mangel an Feuchtigkeit zugrunde gingen.

Nach Goeppert stammt der Bernstein von 8—9 Pinusarten, welche unsern Rot- und Weisstannen ähnlich waren, namentlich vom Bernsteinbaum (Pinites succinifer Goepp.) und der Bernsteinkiefer (Pinus Reichiana). Ersterer soll unserer Rottanne, letzterer der Weisstanne ähnlich gewesen sein. Pinus eximius, P. Mengeanus, P. radiosus sollen mehr einer Abies, Pinus strobianus mehr der P. strobus, Pinus anomalus der P. sil-



Chamaecyparis europaea.

vestris geglichen haben. Ein häufiger Baum der Bernsteinwälder war aber auch eine Thuja, welche dem heutigen Lebensbaum gleicht (Th. orientalis succinea Goepp. wahrscheinlich Chamaecyparis massiliensis Sap.² (Fig. 47).

Doch hat Goeppert selbst in Bernsteinknollen Reste von 30 Tannen- und Fichtenarten, von 20 Cypressen- und Thujaarten, darunter von Thuja Kleinii, Widdringtonia, Libocedrus (Fig. 44) Taxodium (Fig. 43) gefunden.

In neuerer Zeit rechnet Conwentz³ nach Blatt- und Blütenresten zu den Bernsteinbäumen vier Kiefernarten, von denen aber keine der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris) nahe steht, und eine Fichtenart, die der Picea ajanensis vom Amur und der Insel Jesso ähnlich ist.

Ob nun acht oder bloss fünf Coniferenarten Bernstein erzeugt haben mag strittig sein, so viel aber ist sicher, dass zweitens verschiedene bzw. mehrere Arten dazu beigetragen haben, dass nicht nur eine besondere Art diese Eigenschaft gehabt.

¹ »Der Bernstein und die in ihm befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt«. Berlin 1845.

² Zittel, Palaeontologie p. 325.

³ Siehe oben Potoniė p. 402.

Drittens ist festgestellt, dass wohl hie und da Bernstein auch zwischen Braunkohlen vorkommt, dass er aber zumeist für sich allein ohne seine Erzeuger in Mengen gefunden wurde, die nach Millionen von Zentnern zählen.

Am häufigsten wird Bernstein an der preussischen Ostseeküste, im Samland, zwischen Pillan und Brüsterort, in einer etwa 10 Meilen langen Strecke, der sogenannten Bernsteinküste, gewonnen. Hier kommt er zahlreich und regelmässig in einer 1·3—6 Meter mächtigen Schichte von Blauerde (Glaukonit) vor, welche 46—63 Meter unter der Oberfläche und nahe am Strande unter dem Meeresspiegel liegt, so dass sie von den Wellen zernagt und der Bernstein ausgewaschen wird, worauf man ihn herauffischen oder -baggern kann (Seebernstein). Doch wird er auch auf dem Lande bergmännisch gewonnen (Landbernstein).

Ausser in der blauen Erde findet man Bernstein in geringerer Menge auch in den darüber lagernden Braunkohlenbildungen mit den zugehörigen Tonen und Sanden. Man findet ihn ausser im Samlande an allen Küsten der Ost- und Nordsee.

Solche Fundorte sind: Nordküste Preussens, Westküste Dänemarks, Schleswig-Holsteins, Schwedens und Englands, ferner die Küsten des nördlichen Eismeeres: Unalaschka, Kadjak, Kamtschatka, Kamin, Grönland. Die Stücken sind meist klein und bröcklig, aber sie sind da und oft sogar sehr zahlreich.

Auch im Inland ist Bernstein nicht selten: in Schlesien an mehr als hundert Orten (Kreis Breslau, Oels, Namslau), in Polen, Livland, Kurland, Ukraine. Pommersche Bauern graben im Winter Bernstein. Beim Trockenlegen des Angernsees bei Riga fand man vielen Bernstein. Ausser den nördlichen Ländern: Brandenburg, Meklenburg, Hannover (Elze an der Leine), Niederlanden enthalten auch andere Länder Europas: Sachsen, Altenburg, Frankreich, Oesterreich, Galizien, Mähren, Böhmen, Ungarn, Tirol, Dalmatien, Schweiz (Bodensee, Basel), Rumänien, Spanien, Portugal Bernstein, allerdings meist so zerstreut, dass ein Graben danach nicht lohnt. Von Catania in Sizilien wird Bernstein nach der Levante ausgeführt, früher »sehr schön feuriger und mit kräftigen Farbentönen«, jetzt nur »von

geringer Schönheit zur Vervollständigung von Mineraliensammlungen.«

Auch ausserhalb Europas gibt es Bernstein: an der Nordküste Afrikas, in Asien in Ostindien und in den Niederungen des Caspisees, in Amerika in Brasilien, in Australien in Bokewood.

Demnach müssen die Bernsteinbäume eine weite Verbreitung, sozusagen auf der ganzen Erde gehabt, und Bernsteinwälder an den verschiedensten Orten der Erde gegrünt haben.

Viertens beweisen Form und Einschlüsse des Bernsteins, dass der Boden der Bernsteinwälder trocken gewesen sein muss. Die rundlichen, birn- und zapfenförmigen Gestalten, die geschichteten Formeń, die zahlreichen Einschlüsse von Insekten (779 Arten von Käfern, Ameisen, Schlupfwespen, Fliegen, Mücken, Motten), Tausendfüssern (33 Arten), Spinnen (205 Arten), von vollständigen Tieren oder nur einzelnen Körperteilen, sogar von Exkrementen, die im Todeskampfe ausgegeben wurden, Einschlüsse von Schimmel auf verwesenden Leibern, von Blüten- und andern zarten Pflanzenteilen (163 Arten) erzählen unwiderleglich, dass der Bernstein einstens von den Bäumen tropfte und floss wie heute das Harz, dass er aber auch sehr dünnflüssig gewesen sein muss, um die feinsten Formen unverletzt einzuschliessen.

Eine derartige Wirkung konnte Wärme besonders über trockenem Boden im tropischen Klima leicht hervorbringen. Die Wirkung wird umso grösser geworden sein, je mehr sich die Wälder lichteten, Blätter und Zweige zu Boden fielen.

Der Boden muss umso eher trocken gewesen sein, als sich unter den mehr als tausend verschiedenen eingeschlossenen Tierarten lauter Landtiere befinden, darunter über 600 Dipteren, Arachnoiden, Myriopoden.

Trockenen Boden und gelichteten Wald setzen auch die pflanzlichen Einschlüsse voraus, als da sind Ueberreste von Alpenrosen (Rhododendron), Heidelbeergewächsen (Vaccinium), Porst (Ledum), Kalmien (Kalmia), Lavendelheiden (Andromeda), Birken, Erlen, Hainbuchen, Pappeln, Buchen, Eichen (7 Arten), Weiden, Kastanien.

Man erhält aus dem Vergleich dieser mannigfaltigen Einschlüsse unwillkürlich den Eindruck, als ob in die klaffenden Lücken der ehemals urwalddichten Bernsteinwälder Heideboden eingezogen und Laubbäume eingerückt wären, indessen die letzten Nadelhölzer rings von Sonnenstrahlen umglüht in Harz zerflossen. Denn Unterholz und blühendes Strauchwerk konnten sich nur auf einem Boden entwickeln, welcher nicht mehr Inundationen ausgesetzt war, welcher auch mehr Licht und Wärme erhielt als der sumpfige Boden der Braunkohlenwälder.

In der Flora der Bernsteinwälder erkennt Heer die Tertiärflora Skandinaviens, welche sich vor andern Gebieten durch ihren nordischen Charakter unterscheidet und Aenlichkeit mit der heutigen Pflanzendecke Nordamerikas zeigt, wo dieselben Pflanzentypen nebeneinander vorkommen.

Wodurch aber die Bernsteinbäume zur Ausscheidung von so viel Harz oder Bernstein in einer Zeitperiode veranlasst worden?

Wie unsere Nadelhölzer bei Verletzungen viel Harz ausscheiden, so sollen auch die Bernsteinbäume infolge von Schädigungen die grossen Bernsteinmengen erzeugt haben.

Conwentz schliesst auf Grund von Studien im Böhmerwald, dass es im ganzen Bernsteinwald kaum einen gesunden Baum gegeben haben könne. »Das Krankhafte war die Regel, das Normale die Ausnahme.« Durch Wind und Wetter, durch pflanzliche Parasiten und Fäulnis, durch Insekten und andere Tiere entstanden Beschädigungen, welche zu Harzfluss führten. Eichhörnchen schälten die Rinde junger Zweige, Spechte durchbohrten das Holz, grössere Tiere brachen Aeste ab und zertraten zu Tage liegende Wurzeln. Alte Bäume brachen zusammen, knickten im Falle die Aeste anderer oder rissen deren Borke auf. Heftige Winde und Orkane schufen weite Lücken im Wald, und Wirbelwinde drehten und brachen die Bäume wie Grashalme. Blitze zersplitterten die Stämme, und das Harz rann aus den offenen Wunden. Auch Feuer wirkte nicht nur vollständig zerstörend, sondern auch bloss verletzend.

So schildert Conwentz die Beschädigungen, welche die Bernsteinbäume durch Atmosphärilien und Organismen aus-

gesetzt waren und welche die massigen Harzausscheidungen hervorgerufen haben sollen. Es sind lauter kleine Ursachen, welche zusammen wohl auch grosse Wirkungen schaffen konnten, indessen doch mehr lokale und zufällige Bedeutung haben.

Dazu könnte aber noch eine allgemeine Ursache gekommen sein, die tiefer in das Leben der Nadelbäume eingriff und auf der ganzen Erdoberfläche ziemlich gleichzeitig eintrat, plötzlicher und schneller wirkte und dadurch die grösste Rolle im Drama des absterbenden Bernsteinwaldes spielte. Eine Ursache, welche nicht nur in Bezug auf Bernsteinbildung massgebend war, sondern auch für den Niedergang der Nadelvegetation überhaupt.

Eine solche die ganze Vegetation der Erde erschütternde und umwandelnde Ursache kann die Veränderung des Bodens, die Zunahme des Trockenlandes, die Abnahme des Wassers des wasserreichen Festlandes gewesen sein. Wie die Veränderung der Luftverhältnisse, Licht und Temperatur, die Herrschaft der Gefässkryptogamen gebrochen, so stürzte die Konsolidierung und Austrocknung der Kontinente die Macht der Gymnospermen und führte zum Siege der Angiospermen.

Es liegt auf der Hand, dass bei den Faltungen der Erdrinde, die tatsächlich erfolgt sind, nicht nur Senkungen vorkamen, welche die Bildungen von Kohlenflözen veranlassten, sondern auch Hebungen. Versenkten jene die Nadelhölzer unter Wasser, so mussten diese dieselben aus seinem Bereiche entfernen. Unter Wasser und Erdschutt wurden die Coniferen zu Kohlen, ohne Harz und Bernstein zu erzeugen, obgleich ja auch in diesen Urwäldern Verletzungen obiger Arten vorgekommen sein werden.

Auf Höhen und Hochebenen dagegen konnten die an Wasserüberfluss gewöhnten Nadelbäume nicht mehr recht gedeihen. Sie begannen zu kränkeln, unter dem Einfluss von Atmosphärilien und Organismen zu harzen, zuletzt zerfielen die Holzkörper und nur der leichte Bernstein wurde durch Regengüsse in die Tiefen geschwemmt, nach längerer Ruhezeit durch grössere Katastrophen in grösserer Menge.

Derselbe Effekt mag eingetreten sein, wenn statt durch Faltungen, durch Einsenkungen oder Durchbrüche oder Ausfüllungen Täler zu Hochebenen wurden, Seebecken eintrockneten, Flüsse und Ströme andere Betten erhielten.

Auf Hebung bzw. höhere Lage der Bernsteinwälder deuten mit grosser Bestimmtheit die Fundorte des Bernsteins. Stets liegt er in aufgeschwemmtem Land, weit von seinem Ursprungsort, in sandig-toniger Erde. Diese ist im Meere abgelagert worden, Beweis dafür die bedeutende Menge eingeschlossener unteroligocäner Mollusken. Doch kann sie nicht durch das Meer angeschwemmt worden sein, da sie durch feine kohlige Teilchen ihren Ursprung vom Lande verrät.

Auch die Ansicht von Zaddach,² dass die etwa 25 Meter mächtige Unteroligocänformation ihr Bildungsmaterial, wenigstens ihre Pflanzenreste und Bernstein einer schon ältern, vielleicht eocänen, auf dem Meeresgrunde lagernden Braunkohlenformation zu verdanken hätte, welcher die Meereswogen den Bernstein raubten und samt ihrem glaukonitischen Sand auf dem flachen Strande wieder absetzten, ist schon darum hinfällig, weil die Bernsteinbäume nicht einer so frühen Zeit angehören. Auch werden derartige Ablagerungen nicht vom Meere aus gegen den Strand, sondern eher in der natürlichen Richtung vom Strande gegen die Tiefen des Meeres erfolgt sein.

Nimmt man dagegen an, dass die Bernsteinwälder in grösserer oder geringerer Entfernung vom Meere auf erhöhtem Terrain standen, so lässt sich leicht denken, dass das Harz von den Bäumen abtropfte, sich auf dem trockenen Boden ansammelte, Landtiere und Pflanzen einschloss, zu grössern Klumpen zusammenbackte. Stärkere Niederschläge führten dann die gehäuften Massen gleichzeitig mit Waldboden, Humus und Moder, kleinen Aesten und Zweigen talabwärts bis zum Meere, bei Ueberschwemmungen wohl auch über weitere Flächen von Tiefebenen. Dadurch entstand wohl auch die eigentümliche Mischung, welche als glaukonitische Erde bezeichnet wird.

Damit liesse sich auch erklären, warum Bernstein einmal in der blauen Erde in grosser Menge, in dem darüber lagernden Glaukonitsande aber nur vereinzelt vorkommt, indem eben Bildung und Abschwemmung des Bernsteins zuerst eine um-

¹ Credner, Geologie p. 644.

² Leunis, Schul-Naturgeschichte B. III, p. 516.

fangreichere und später eine geringere war, entsprechend dem allmählichen Abnehmen und Absterben der Bernsteinbäume.

Andererseits würde damit auch übereinstimmen, dass der Bernstein an so vielen Orten, immer in angeschwemmtem Land und ohne Kohlen, aber in sehr verschiedenen Mengen und Grössen vorkommt. Hebung und Austrocknung von Coniferenwäldern kam eben an allen Punkten der Erde in grösserem oder geringerem Umfang vor, und die Bernsteinbäume waren nicht auf einzelne besondere Gegenden beschränkt.

Und wenn Bernstein auch in diluvialem Sande vorkommt, so kann er vielleicht hier an dritter Stelle liegen, tatsächlich aus Oligocänschichten herausgespült, entsprechend Zaddachs Theorie der Ausschwemmung aus dem Eocän in das Oligocän, aber ebenso wäre es möglich, dass er auch hier nur sekundär lagert als Produkt der letzten Reste von Bernsteinwäldern, welche im Norden ihre Blütezeit erreichten und je weiter nach Süden und je später, umso spärlicher und kümmerlicher vegetierten.

Auf trocknen und heissen Standort der Bernsteinwälder deutet auch der grosse Harzreichtum in Zweigen, Stämmen und Wurzeln. Denn je trockner und heisser dieser, umso stärker die Harzbildung. Vergleicht man heute etwa Kiefern in feuchten Niederungen mit solchen an trockenen Berglehnen, so wird es sofort auffallen, dass diese viel mehr Harz ausscheiden als jene. Und vergleicht man die Coniferen verschiedener Zonen mit einander, so wird das Ergebnis auch lauten, je heisser umso mehr Harz.

Und da andererseits auch die Harzmenge zunimmt mit der Zahl von Verletzungen und ungünstigen Lebensverhältnissen, so folgt: dass heisser und trockener Standort für die Coniferen nachteilig, nasser dagegen vorteilhaft, dass somit die Coniferen Hydrophyten und hydrophil.

Zumal die Taxodien waren und sind harzreich, und im Senftenberger Reviere sind auch bernsteinähnliche Harze gefunden worden, aber so selten, dass gerade diese Ausnahmen die aufgestellte Regel bestätigen dürften. Beweist doch bis auf den heutigen Tag Taxodium distichum entschiedenste Hydrophilie.

Und gerade der Harzreichtum gilt als massgebendes Kriterium der Bernsteinbäume, da keine besondern Geschlechter namhaft gemacht werden können. Die harzreichen Arten unterscheiden sich so wenig von den Arten, welche wenig oder kein Harz geliefert haben, dass man die massenhafte Harzausscheidung wohl auf trockenen Standort in Verbindung mit klimatischen Einwirkungen setzen kann.

Mit Recht hat man die Entstehung des Bernsteins mit den Harzausscheidungen der Damarafichte verglichen, welche gegenwärtig in 8 Arten im Süden Asiens und in Australien leben, aber schon in der Kreidezeit durch 2 Arten (Damarites albens und D. crassipes) vertreten waren, deren Zapfen in Schlesien und Böhmen gefunden worden sind.¹ Die recenten Arten beweisen ihren trockenen Standort durch kleine lederartige Blätter und festes, hartes Holz.

Damara orientalis Lamb. oder Pechbaum gedeiht in der mittleren Bergregion auf Sumatra, Java, Borneo, Celebes, den Philippinen und Molukken. Sie schwitzt freiwillig so viel Harz aus, dass man auf Sumatra das Anschneiden der Bäume für überflüssig hält. Nach Miquel² fällt das Harz zu Klumpen erhärtet oft in grossen Mengen zu Boden, wird oft von den Flüssen fortgeführt und an ihren Ufern in felsblockartigen Massen (Felsenharz) abgelagert.

Damara australis Lamb. oder Kaurifichte lebt an der Ostküste des nördlichen Neuholland und bildet auch auf Neuseeland mächtige Wälder (Kauriwälder). Ueberall wo solche Wälder stehen oder gestanden haben, wird ihr recent fossiles Harz aus dem Boden gegraben und in den Handel gebracht.

Daraus geht wohl hervor, dass für die Harzbildung eine höhere Temperatur wesentlich ist. Brennende Sonnenstrahlen nötigen die Nadelhölzer zum Schwitzen von Harz. Daher die reichlichste Ausscheidung in den Tropen und an Bergen. Daher wohl auch die mächtige Wirkung der tertiären Hitze zumal auf Hochebenen und Berglehnen. Daher grosse Wärme das Bernsteinharz so dünnflüssig machte, dass die feinsten Glieder der Insekten und die zartesten Teile der Pilze ohne Beschädigung umschlossen wurden.

¹ Luerssen Botanik p. 124.

² Sumatra, seine Pflanzenwelt und deren Erzeugnisse, Leipzig 1862.

Harzfluss wird aber auch durch schroffe Differenzen von Wärme und Kälte wie von Nässe und Trockenheit in dem Maße gefördert, als dadurch Planzengewebe und Pflanzenleben geschädigt wird. Derartige schroffe Wechsel treten am leichtesten aber in offenen Lagen ein, auf Höhen, die Wind und Wetter mehr ausgesetzt sind als eingeschlossene Täler und muldenartige Becken. Und derartige Wechsel schädigen am ehesten Pflanzen, welche nicht daran gewöhnt sind und eher zugrunde gehen als sich akklimatisieren.

Bernsteinbildung und Kohlenbildung sind einander auch in Bezug auf chemische Bedingungen entgegengesetzt. Kohlen können nur bei Abschluss von Luft bzw. Sauerstoff entstehen und bestehen, während das Harz gerade mit Hilfe von Sauerstoff sich in echten Bernstein (C_{10} H_{16} O) verwandelt, indem ein Teil zu Bernsteinsäure (C_4 H_6 O_4) wird. Daher ist für den Bernstein Berührung mit Luft auf längere Zeit nötig. Gelangt Bernsteinharz etwa mit seinen Erzeugern zu schnell in die Erde, so dass diese unter Luftabschluss verkohlen, so bleibt es nur bernsteinähnlich und heisst Retinit, wie es aus den Nietlebner Braunkohlenlagern bei Halle bekannt ist. Damit die Luft aber auf Bernstein, zumal grössere Stücke, genügend einwirke, ist unbedingt trockener Boden nötig, daher trockener Standort der Bernsteinbäume.

Auf ein längeres Liegen des Bernsteins an der Luft deutet auch, dass manche Einschlüsse in demselben trotz der geringen Durchlässigkeit der Harzmasse verwest sind und nur Hohlräume den frühern Körper markieren.²

Auf trockenen Boden der Bernsteinwälder deuten auch die geschichteten Stücke, welche bei wiederholtem Fluss sich auf dem Boden verkittet haben und unter dem Namen »Schlauben« im Handel bekannt sind. Sie zeichnen sich durch besonders zahlreiche organische, zumal Pflanzeneinschlüsse aus. Zu ihnen zählen auch die unreinen und unförmigen Massen, welche auf dem Boden sich wie ein Brei mit Mulm vermischt haben und den Bernsteinstrinis des Handels liefern.

Wenn demnach die Bildung von Bernstein auf ungünstige Lebensverhältnisse für die Bernsteinwälder zurückgeführt

¹ K. Müller »Buch der Pflanzenwelt«, p. 138.

² Potonié p. 404.

werden kann, so dürfte es in hohem Grade wahrscheinlich sein, dass hiebei Trockenlegung des Bodens auch eine, vielleicht die erste und grösste Rolle gespielt hat.

Dann muss hieraus auch der Schluss gezogen werden, dass gerade tiefere Lage und Reichtum an Wasser, ein Boden, der fort und fort Ueberschwemmungen ausgesetzt war, die günstigsten Standorte bot, dass auch die Bernsteinbäume wie ihre Coniferenverwandten Hydrophyten gewesen und hydrophil geblieben waren.

Braunkohlen geben somit ein positives, Bernstein ein negatives Zeugnis von dem einstigen Wasserreichtum der Heimstätten der Coniferen. Braunkohlen und Bernstein geben aber beide ein positives Zeugnis von dem Untergang der gewaltigen Coniferenwälder, welche nach dem ersten einheitlichen Pflanzenkleide der Erde, den Gefässkryptogamen, eine zweite einheitlich grüne Decke geschaffen, deren Gleichmässigkeit nun für immer verloren ging und dem bunten Flitterwerk der kurzlebigen Angiospermen Raum gab.

So begann in der Kreidezeit auf der Erde ein neuartiges Pflanzenleben, welches den Höhepunkt seiner Entwicklung in der Tertiärperiode der Neuzeit erreichte, ein Pflanzenleben, in welchem scheinbar die Angiospermen die Gymnospermen verdrängten. In Wirklichkeit fielen diese aber äussern Verhältnissen zum Opfer, in erster Reihe wohl der Konsolidierung und Trockenlegung, der Erhebung und Differenzierung der Kontinente.

Hiebei lässt sich auch durch die einzelnen Zeiträume des Tertiärs verfolgen, wie mit der Trockenlegung der Kontinente die Masse der Coniferen abnahm, dafür aber neue Arten entstanden, welche durch die neuen Verhältnisse geschaffen wurden oder sich den neuen Verhältnissen anzupassen suchten.

Im Anfange der Tertiärzeit, im Eocän, zog sich das Kreidemeer stark zurück, langsame Hebungen hoben flache Küstenstriche über den Meeresspiegel, trockneten seichte Buchten und Kanäle aus, wandelten Binnenmeere zu Binnenseen, verbanden Inseln durch Tiefebenen und Täler, vergrösserten den Umfang vorhandener Inseln und liessen neue

aus dem Wasser emporsteigen, trennten Ozeane durch Festländer. Es entstanden die ersten Weltteile.

England und Dänemark bildeten mit Frankreich und Deutschland ein Ganzes, keine Nordsee trennte sie. Island und die Faröer Inseln sind Reste eines Landes, welches Europa mit Amerika verband. Auch das aleutische Meer war trockenes Land. Afrika hing mit Südamerika und Madagaskar, Südamerika mit Australien zusammen.'

Innerhalb dieser Landmassen blieben nur einzelne Becken zurück, in denen Ablagerungen und Kohlenbildungen stattfanden: Londoner-, Pariser-, Mainzer-, Bonner-, Fulda-, Eder-, Feldebecken. Im Pariser Becken liegen die ältesten Braunkohlen. Ettinghausen nennt von Sheppey unter 200 fossilen Pflanzenresten ausser den Coniferen Sequoia, Salisburia, Callitris, Widdringtonia 5 Arten der Gattung Nipas, welche, ein Mittelglied zwischen Pandanen und Palmen, jetzt im Schlamme halbsalziger Lagunen an den Mündungen der Flüsse Indiens wuchert, und 11 Palmenarten, wodurch die Sumpfnatur jenes Beckens angedeutet erscheint. Daneben fanden sich auch Liquidambar, Magnoliaceen, Laurineen, Agave, Amomum, Samen von Leguminosen.

Vom Trocadero bei Paris führt Saporta abermals Nipafrüchte an, und ausserdem die Hydrocharidee Ottelia, welche jetzt in den Tropen an Flussmündungen vorkommt.

Im Sarthegebiet fand Crié üppige Wälder von Podocarpen, welche jetzt in Neucaledonien wachsen, und zahlreiche Palmen. Bei Scopan in Sachsen, am Monte Bolca bei Verona sind ebenfalls solche südliche und das Wasser liebende Pflanzen gefunden worden.

Die eocäne Flora des Tieflandes weist demnach an den verschiedensten Punkten der Erde gleiche Familien und Geschlechter auf, welche hydrophil sind und noch heute in Afrika, Südasien, Amerika leben und damit bestätigen, dass damals in Mitteleuropa noch ein tropisches Klima herrschte, welches durch seine Wärme jedenfalls die aus dem Meere gestiegenen oder aus der Ebene emporgehobenen Landstrecken ausdörren musste, umso mehr, als das Zurücktreten des Kreidemeeres und die langsame Erhebung umfangreicher Kontinente

¹ Neumayer, Erdgeschichte II, p. 302.

eine Abnahme der Flächenausdehnung und gleichmässigeren Verteilung der Gewässer bewirkte.

Durch diese Tatsachen waren mutmasslich auch die ersten Voraussetzungen für Bernsteinbildung gegeben: Erhebung von Coniferen wäldern, trockener Boden, erhöhtes Terrain, brennende Tageshitze und kalte Nächte, heisser Sommer und gemässigte Regenzeit.

Am Ende der Eocänperiode geriet die Erde abermals in Bewegung und leitete dadurch die Oligocanzeit ein. Es waren die gewaltigsten Bewegungen seit ihrem Bestehen. Durch einen ungeheuren Faltungsprozess wurden rings um den Erdball die grössten und höchsten Gebirgsmassen aus dem Ozean gehoben, welcher die Erde bisher mit breitem Band umgürtet. Es entstanden Alpen, Karpathen, Apeninen, Pyrenäen, albanisch-griechisches Gebirge, Kaukasus, Himalaya, Tienschan, Kordilleren. Schichten, welche das Meer im Eocän abgelagert, wurden in den Alpen und Pyrenäen über 3000, im Himalaya über 5000 Meter hoch emporgewölbt.

Gleichzeitig erfolgten massenhafte Vulkanausbrüche, die aus Basalt und Trachyt ebenfalls Gebirge aufbauten. So entstanden Eifel, Siebengebirge, Westerwald, Vogelsgebirge, Meissner, Habichtswald, Rhön. Ferner kamen bedeutende Ausbrüche vor in Italien, im Kaukasus, in Armenien, zwischen Schottland und den Faröer und Island und im nordwestlichen Amerika.

An die Erhebungen schlossen sich nicht minder gewaltige Senkungen. Ganz Norddeutschland, die wichtigste Sammelstätte des Bernsteins, verschwand in die Tiefe. Schwarzwald, und Vogesen, bisher eine einheitliche Bildung des Mittelalters, sanken in der Mitte ein und schufen das heutige Rheintal.

Diese umfangreichen Umwälzungen auf der Erdoberfläche, die erst Tiefsee und Hochland schufen, griffen tief in das Pflanzenleben ein. Die Oligocänperiode war Blütezeit, aber auch Grab der massigen Coniferenwälder, mochte es in dem Schosse der Tiefsee liegen oder auf sonnigen Bergeshöhen. Sie erfüllte die weiteren Bedingungen für die Bernsteinbildung: Abschwemmen des Bernsteins von den Höhen in die Meerestiefen und Begraben der Nadelwälder in den Braunkohlenlagern.

Denn die erste Wirkung der oligocänen Erhebungen war gewiss eine weitere Wasserabnahme in allen Gebieten um die grössern und kleinern Erhebungszentren, so auch an der Nordseite der Gebirge Mitteleuropas. Hier breiteten sich die Nadelwälder aus, welche seit der Eocänzeit vom Wasser verlassen, Bernsteinthränen vergossen und in ihrem Schosse anhäuften.

Die zweite Wirkung der oligocänen Erhebungen war ebenso gewiss eine Zunahme der Niederschläge auf den Höhen, welche in beschleunigtem Abfluss den Niederungen zueilten und die frühere gleichmässige Durchtränkung des Bodens nicht ersetzen konnten. Es mussten sich Flüsse bilden, welche nebst Wasser von den Bergen auch grosse Massen lockern Gesteins herabschwemmten und mit dem Gestein auch den Bernstein nebst Moder des Waldbodens. Die schwerern Gerölle blieben am Fusse der Berge zurück, der leichte Bernstein wurde mit dem feinen Sand und feinsten Ton und Lehm weiter getragen bis in das Meer, welches die einsinkende nordeuropäische Ebene überflutete. Es waren die weitern Bedingungen der Bernsteinbildung: unteroligocäne Ablagerungen des Festlandes mit Tiergehäusen des Meeres und Bernsteineinschlüssen.

Doch die Senkungen des Festlandes wurden immer grösser, rückten immer weiter nach Süden. Es entstanden die Meeresbuchten: Rheinbucht, Saale- oder Halle-Leipziger Bucht, niederschlesische Bucht. Es entstanden in den zwischen ihnen gelegenen Uferlandstrichen zahllose Süsswasser- und Moorbecken, in welchen die Nadelwälder begraben wurden, also dass der ganze Nordrand der mitteleuropäischen Bergländer vom Rhein bis zur Oder von einer Braunkohlenzone umgürtet wurde, welche sich später auch in das Gebiet der damaligen Stromläufe fortsetzte.

Die häufigen Wechsellagerungen von marinen, brackischen und Süsswassergebilden im Oligocan beweisen abwechselnde Hebungen und Senkungen der Kontinente und einzelner Länder sowie Ueberflutungen und Schuttanhäufungen, wodurch es möglich wurde, dass verschiedene Kohlenflöze übereinander

¹ Senft, p. 513.

entstanden, so auch die Braunkohle der samländischen Bernsteinformation.

Eine dritte Wirkung der oligocanen Erhebungen war die weitere Entwicklung der Klimazonen in horizontaler und vertikaler Richtung. An die Stelle der australisch-afrikanischen Pflanzentypen des Eocans traten in Mitteleuropa Typen des heutigen Asiens und Nordamerikas, welche mehr Regen vertragen: Libocedrus, Chamaecyparis, Taxodium distichum, Taxodioxylum, Taxites, Pinites, Cupressinoxylon, Glyptostrobus.

Im Leipziger Becken sind charakteristisch: Sequoia Couttsiae, Palmicites, in Schlesien Cupressinoxylon ponderosum, C. protolarix, C. leptotichum, Taxites Aykkii, am Harz: Taxites Aykkii, Taxoxylon Goepperti, in Bayern: Sequoia, Pinus, Libocedrus, im norddeutschen Mitteloligocän: Taxodium dubium, im niederrheinischen Oberoligocän: Cupressinoxylon, Pinites.

Von Norden wanderten nach Mitteleuropa die Nadelbäume Sequoia (Fig. 42), Taxodium (Fig. 43), Glyptostrobus (Fig. 41), dazu die Laubhölzer: Fagus, Carpinus, Betula, Alnus, Quercus, Ulmus, Populus, Salix, Corylus, Platanus, Tilia.

Auf den ersten Blick dürfte es demnach scheinen, dass nach dem trocken-heissen Eocan das Oligocan eine feuchtgemässigte Aera gebracht hätte. Das wird in Bezug auf Luft und Niederschläge auch richtig sein, aber nicht in Bezug auf den Boden. Achtet man auf die massenhaften Stein- und Schuttablagerungen, auf die beständig wechselnden Hebungen und Senkungen, so wird man zur Ueberzeugung kommen, dass der Boden, mag er im Anfange des Oligocans auch mehr Wasser erhalten haben, doch im weitern Verlauf der Periode fortwährend an Wasser verlor, indem marine, brackische, limnische Wasserbecken immer mehr ausgefüllt wurden, immer mehr an Umfang abnahmen, so dass das gemässigte Klima die tropischen Nadelhölzer in Mitteleuropa vernichtete, dass aber die Trockenlegung des Bodens bewirkte. dass die nordischen Coniferen sich weniger ausbreiteten und die Laubwälder in die Lücken einrückten, welche die tropischen Nadelhölzer gelassen.

Dem stürmischen Oligocan folgte im Miocan eine Periode ruhigerer Entwicklung, die aber nicht minder energisch an der Trockenlegung der Continente arbeitete.

Im Norden waren Europa, Asien, Amerika noch immer mit einander verbunden, so dass die gemässigte Nordlandflora gleichmässig nach Süden hin in alle drei Weltteile ausstrahlte. Dazu hob sich die norddeutsche Tiefebene wieder aus dem Meere und liess an den Gestaden nur Buchten und Kanäle für Brackwasser und Sumpfbildungen zurück.

Der Schwerpunkt der Entwicklung des europäischen Miocans liegt aber an den atlantischen Küsten und im gegenwärtigen Mittelmeer.

Die grossen Buchten der Loire und Gironde, die flachen Küsten im südwestlichen Spanien und nordwestlichen Afrika erhielten reichlichste Ablagerungen.

Das Mittelmecr hatte damals eine ganz andere Gestalt und Ausdehnung. Es stand durch das Tal des Guadalquivirs mit dem atlantischen Ozean in Verbindung, während Spanien mit Afrika zusammen hing. Durch das Rhonetal drang es in die Schweiz ein und reichte durch Oberschwaben, Südbayern, Salzburg, bis Wien und nördlich bis Mähren, Schlesien, Galizien. Ein anderer Arm führte in das pannonische Meer, welches Ungarn, Steiermark, Krain, Kroatien und Slavonien erfüllte und sich bis Bosnien und Siebenbürgen ausdehnte.

Das sarmatische Meer bedeckte die südöstliche Ebene Europas und erstreckte sich bis zum Aralsee.

Diese weiten Wasserflächen wurden während der Miocänzeit wesentlich eingeengt. Aus den zusammenhängenden Meeren bildeten sich getrennte Becken, die auch immer mehr zusammenschrumpften. Um die Alpen herum lagerten sich mächtige Molassesandsteinschichten und Nagelfluh. In Galizien, Moldau, Siebenbürgen wurden die grossartigen Salzlager von Meeresfluten zurückgelassen. Die Insel Malta, vollständig aus miocänen Meeresbildungen aufgebaut, ist eine Denksäule der gewaltigen Ablagerungen jener Zeit.

Für das Verschwinden des Meeres aus allen Teilen des gegenwärtigen Europa während des Miocäns spricht am deutlichsten, dass hier nirgends Meeresablagerungen der folgenden Periode bekannt sind, also höchstens in äusserst geringer Menge in noch nicht durchforschten Gegenden vorhanden sein können.

Aehnliche Austrocknungsvorgänge wie in Europa, spielten sich während des Miocäns auch in andern Weltteilen ab. Am Südfusse des Himalaja, in Indien lagern mächtige Schichten, welche der alpinen Molasse zu vergleichen sind. In Südamerika, Argentinien und Patagonien, auf den westindischen Inseln kommen miocäne Marineschichten vor, im Innern der Vereinigten Staaten dagegen nur Süsswasserablagerungen.

Entsprechend der ruhigen und mannigfaltigen Entwicklung der Erdoberfläche während der Miocänzeit entfaltete sich die Vegetation zu einer reichern Mannigfaltigkeit als sie die Gegenwart bietet. So weist Oswald Heer2 darauf hin, dass heute in der Schweiz und in Deutschland etwa 360 Arten Holzgewächse leben, welche ungefähr 11% der ganzen Vegetation betragen, während in der schweizerischen Molasse allein 533 Holzarten aus 64 verschiedenen Familien existierten. Von vergänglichern Krautarten sind mehr als 200 Arten überliefert. Wenn auch manche krautigen Arten keine Reste zurückgelassen haben mögen, so erscheinen doch die Holzgewächse in überwiegender Menge, und die Waldvegetation mag den grössten Teil des Festlandes bedeckt haben. Es gab ausgedehnte Wälder von Eiben und Podogonium, es gab aber auch verschiedenartige Gräser, welche sich zu Wiesen zusammenschlossen und am besten beweisen, dass diese Gebiete nicht mehr Ueberflutungen ausgesetzt waren und zwar durch längere Zeit, dass eben Grasarten entstehen und sich verbreiten konnten:

Bei dieser grossen Fülle von Pflanzenarten ist es doppelt auffallend, dass die Kohlenflöze doch zumeist nur Nadelhölzer enthalten, besonders Taxodium, Cupressinoxylon, Sequoia, Glyptostrobus. So zeigt das Senftenberger Kohlenlager, wie schon oben erwähnt, hauptsächlich Taxodium distichum, das in der Hardt bei Bonn Cupressinoxylon, seltener Taxus und Pinus, Wetterau und Mainzer Becken Cypressen und Pinusarten.³

¹ Neumayer, p. 396.

² Oswald Heer, Urwelt der Schweiz.

³ Credner, p. 651.

Vergegenwärtigt man sich diese Bildungsgebiete in Buchten und Becken, so erkennt man unschwer, dass es wohl der Wasserreichtum dieser Orte war, welcher jene Nadelholzarten zu üppigster Vegetation gebracht. Auf Wasserreichtum deuten auch die eingestreuten wasserliebenden Laubholzarten: Acer trilobatum, Populus latiar, P. mutabilis, welch letztere von der lebenden P. euphratica kaum zu unterscheiden ist, Weiden und Platanen.

Dass dieser Boden wasserreich war, aber doch nicht mehr den Reichtum früherer Zeiten hatte, dass an Stelle von Ueberflutungen Sumpfbildungen getreten waren, besagt das Vorhandensein von Cyperaceen, Arundo, Typha, Iris Escheri, ein Gegenbild gleichsam zu den Wiesen auf feuchtem, trocknerem Gelände.

Jene Coniferenwäldchen deuten die letzten seichten Wasserbecken an, welche immer mehr versumpften und schliesslich zu Mooren wurden.

Am Ende der Miocänzeit hatte das Meer alle Kontinente verlassen, und so blieb dem Pliocän nur die Aufgabe, die noch übrigen isolierten Seen und Becken auszufüllen und weiter auszutrocknen. Zwar stieg das Meer in der mittleren Pliocänzeit noch einmal höher und suchte in die Festländer einzudringen, aber es gelangte nur in die weiteren Mündungstäler grösserer Flüsse, wie Po, Rhone, Rhein.

Ja der Umfang der Weltteile war im Pliocan noch grösser als in der Gegenwart. Das ägäische Meer war Festland, ebenso das adriatische Meer neben Dalmatien. Sizilien hing mit Afrika zusammen. Auch das rote Meer war noch nicht eingesunken. Nord- und Südamerika waren durch ein breites Band verbunden, dessen Reste die Antillen.

Der Austrocknungsprozess der Weltteile, der im Miocän angefangen, setzte sich im Pliocän ohne Unterbrechung fort, so dass die beiden Zeiträume eigentlich nur durch die zunehmende Menge noch gegenwärtig lebender Organismen unterschieden und daher auch wohl unter einem Namen als Neogenformation zusammengefasst werden.

Für diesen fortschreitenden Austrocknungsprozess ist typisch das Wiener Becken zwischen Karpathen, Leithagebirg, Ostalpen und böhmisch-mährischem Massiv.

Zuunterst lagern marine Schichten, die sogenannte Mediterranstufe, darüber halbbrackische Schichten, die sarmatische Stufe oder Cerithienschichte der Miocänzeit. Hierauf folgen zwei pliocäne Süsswasserablagerungen, die Congerienund Flußschotterschichten oder die Belvederestufe, welche von Löss überdeckt ist.

Aehnliche Erscheinungen zeigt auch Siebenbürgen,¹ in dessen nach Westen offenen Buchten der Maros, Körös und Szamos marine Schichten lagern, während den Kern der Hügelund Bergzüge des Mittellandes brackische Cerithienschichten bilden aus der Zeit, da das Land ringsum beinahe ganz abgeschlossen und nur durch schmale Meerengen oder Einsattelungen mit dem pannonischen Meer in Verbindung stand. Congerienschichten lagern nicht nur über den miocänen Schichten der Randbuchten und des Mittellandes, sondern auch in den östlichen Becken des Burzenlandes, der Csik und Gyergyó, welche durch die Erhebung der Hargitta zu Süsswasserseen geworden waren, indessen die Ablagerung der Salzmassen im Mittellande vollendet wurde.

Mit und nach dem Ausbruch der Hargitta erfolgten noch mehrere Ausbrüche im Osten, Westen und Norden von Siebenbürgen, welche zur gänzlichen Isolierung und Austrocknung des Landes führten.

Und wie in Siebenbürgen so begann die Erde auch an andern Orten im Pliocän tätig zu werden, aus Trachyten und Basalten Berge zu erhöhen und neue Berge zu schaffen.

Die Mitteleuropäische Zone solcher Eruptionen umfasst Eifel, Siebengebirge, Westerwald, Vogelsberg, Habichtswald, Meissner, Rhön, Lausitzer Bergland, Schlesisches Hügelland, Nordböhmen, Ungarn. Die nordische Zone erstreckt sich von Irland über Schottland zu den Hebriden, Shetlands Inseln, Faer-Öer, Island bis Grönland. Andere Herde sind in Frankreich (Auvergne, Velay, Vivarais), Spanien (Catalonien), Italien, Sizilien, Griechenland. Gürtelförmig umgibt eine ganze Reihe von Vulkanen den stillen Ozean, welche zum Teil noch heute in Tätigkeit sind. Mit ihren ausgeworfenen Schuttmassen (Tuffen, Schlacken, Conglomeraten, Sanden) haben sie oft be-

¹ Hauer und Stache, Geologie Siebenbürgens, p. 36 ff.

deutende Ablagerungen gebildet und zweifelsohne auch zur Austrocknung weiter Landstrecken beigetragen.

Aber auch die Hochgebirge selbst erfuhren im Pliocan eine neuerliche Hebung. Dieselbe ist besonders im westlichen Alpengebiet, dem schweizerischen und südwestlichen deutschen Juragebiet ausgeprägt. Dadurch wurden die marinen Molassegebiete der Schweiz und Südfrankreichs am Gebirgsrande emporgehoben oder liegen noch heute auf dem Hochplateau der schwäbischen Alb. Jenen Hebungen verdankt der Jura seine heutige Gestaltung. Durch sie gelangten die Gipfel der Alpen in eisige Höhe. Der erste Schnee fiel auf sie hernieder.

So wurden im Pliocän nicht nur durch Ausfüllung und Hebung weite Landstrecken trocken gelegt, sondern auch die Temperatur sank mehr und mehr. Das tropische Klima der Miocänzeit wurde in Mitteleuropa zu einem gemässigten, die indisch-neuholländischen Pflanzentypen gingen zugrunde, und nur die Arten erhielten sich, welche jetzt vorzugsweise in Kleinasien, am Kaukasus, Himalaja, in Nord- und Zentralasien bis Japan leben: Glyptostrobus, Sequoia, Pinus, Quercus, Fagus. Carpinus, Betula, Alnus, Castanea, Platanus, Salix, Populus, Verschwunden sind die tropischen Palmen, Acacia, Cinnamomum, Callitris. Verschwunden sind aber auch die massigen Coniferenwälder, überall treten Holzpflanzen mit fallendem Laub in den Vordergrund.

Dagegen bestand die gleichzeitige Flora Italiens aus jetzt auf Madeira und am Golf von Mexiko heimischen Pflanzen. Die obere Süsswassermolasse der Schweiz umschliesst hauptsächlich amerikanische Typen neben europäischen. Am Vulkan Cantale in Frankreich fand Saporta am nördlichen und südlichen Abhang erhebliche Unterschiede in der pliocänen Vegetation. Nach dem Fundorte Meximieux in Südfrankreich schliessen Saporta und Marion, dass im Pliocän mächtige Wälder Flüsse und Bäche beschatteten, welche den jetzigen Wäldern auf den Kanaren gleichen, aber durch nordamerikanische, kaukasische und zentralasiatische Gestälten formenreicher waren.

Braunkohlen sind im Pliocän selten, seltener auch die Nadelhölzer. Unverkennbar steht das Austrocknen des Bodens

¹ Zittel, Aus der Urzeit, p. 463.

mit der Abnahme der Nadelhölzer in enger Beziehung. Je mehr die Binnenseen verschwinden, umso mehr verschwinden auch die endlosen Urwälder der Coniferen. Dagegen mehren sich die Wiesen. In dem vor Alter tief gefurchten Antlitz der Erde erscheinen Grasebenen und Steppen, welche zahlreichen Geschlechtern der Wiederkäuer, Dickhäuter, Rüsseltiere Nahrung gewähren. Zahllose Herden von Antilopen und Gazellen streifen durch Asien und Europa. Aus den häufigen Resten des Hippotheriums hat man nicht nur erkennen können, dass es der Ahne unseres Pferdes, sondern auch, wie aus dem Vielhufer in fortlaufender Entwicklung ein Einhufer geworden.

Auf steppenartige Verhältnisse im Pliocän schliesst man auch aus massigen Knochenlagern von Säugern in Flussbetten, welche zuerst bei Pikermi (zwischen Athen und Marathon) in einer Lehmschichte von 1 Meter Mächtigkeit, später aber in ähnlicher Weise an vielen Orten gefunden wurden. Eine Erklärung solcher Knochenanhäufungen versucht Darwin in einem Bericht über die Pampassteppen von Südamerika.

»Während einer Zeit ausserordentlicher Hitze und Dürre in den Jahren 1827—30 fiel so wenig Regen, dass die ganze Vegetation, selbst bis auf die Disteln ausblieb, die Bäche vertrockneten und das ganze Land nahm das Aussehen einer staubigen Landstrasse an. Rinder und Pferde gingen in zahlloser Menge zugrunde. In unabsehbaren Scharen drängten sie nach den grössern Strömen, namentlich nach dem Parana und stürzten sich über die Ufer hinunter, um ihren Durst zu löschen. Sie waren aber zu entkräftet, um den Uferrand wieder zu erklimmen. Immer neue Scharen kamen von oben nach. Und so gingen die Tiere infolge der Dürre zu Hunderttausenden im Wasser zu Grunde.¹

Auch andere Ursachen können ganze Herdentiere (Rinder, Pferde, Schafe) leicht in Schrecken setzen und zum Sprung oder Sturz in tiefere, steilufrige Wasser veranlassen, wenn sie sich in dessen Nähe befinden oder ihr Lauf dahin gerichtet ist. Dahin zählen Gewitter mit Hagel, Blitz und Donnerschlag,² Feuer, Ueberfall durch Raubtiere.

¹ Neumayr, p. 401.

² Im Sommer 1908 stürzte sich während eines nächtlichen Gewitters die Pferdeherde von Marpod, kaum 300 Stück in einen kleinen vom Regen angeschwollenen Bach, wobei gegen 100 Stück ertranken.

Die Wahrscheinlichkeit solcher Katastrophen ist für das Pliocän sehr gross. Infolge der Hebungen von Weltteilen, Gebirgen und Vulkanen konnten leicht Hochebenen zu Steppen werden, indem das Wasser selbst reichlicher Niederschläge schnell abfloss oder in die lockern Schuttmassen schnell versank. Die Flüsse und Bäche konnten in die weichen tertiären Ablagerungen leicht tiefe Betten eingraben. Wärme zum Ausdörren von Wiesenflächen war genügend vorhanden. Herdentiere der verschiedensten Formen gab es auch in grosser Menge. Die einzelnen Umstände brauchten nur zusammenzutreffen, um das verhängnisvolle Resultat zn ergeben.

Die Geologie der Tertiärzeit lehrt uns demnach über die Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten:

- 1. In der Tertiärzeit beginnt eine Sonderung der Pflanzenwelt nach Zonen in horizontaler und vertikaler Richtung. Die Niederungen sind von Nadelhölzern besetzt, welche im Eocän ihre höchste Entwicklung erreichen. Auf den Höhen erreichen zahlreiche Geschlechter von Angiospermen, welche um so mehr vordringen, je mehr der Wasserreichtum der Festländer abnimmt und die Nadelhölzer zurücktreten. Moose überziehen die Felsen und Gräser schliessen sich zu weiten Wiesenflächen zusammen. Cycadeen, Palmen, tropische Gewächse verschwinden aus Europa.
- 2. Die Pflanzenwelt Europas war im Eocan eine Küstenflora: im Uferwasser Nadelhölzer, im wéitern Ufergelände Angiospermen, die ersten Vorboten der Jetztzeit; im Miocan eine Tieflandflora mit tropischem Gepräge: Palmen und afrikanisch-australische Typen von Dicotylen, Nadel- und Laubwälder mit Bäumen, Sträuchern, Kräutern, welche gegenwärtig in heissen und gemässigten Ländern zerstreut sind; im Pliocan eine Hügel- und Steppenflora mit gemässigtem Gepräge: Laubwälder und Dicotylen mit nordamerikanisch-asiatischem Typus, weite Grasebenen von Steppencharakter.
- 3. In der Tertiärzeit entstehen die Kontinente durch Zusammenschluss der Inseln infolge gewaltiger Hebungen. Mächtige Faltungen wölben die Hochgebirge empor und die Tiefsee hinunter. Säkulare Hebungen und Senkungen verschieben fortwährend die Grenzen zwischen Meer und Festland.

Ueberflutungen, Regengüsse, Flüsse füllen Binnenmeere undseen, tiefeinschneidende Meerbusen und seichte Buchten mit Erdschutt aus. Trachyte und Basalte brechen aus der Erde hervor und mehren die Berge.

- 4. Mit der Veränderung der Erdoberfläche ändert sich auch das Klima. Aus dem allgemein tropischen wird ein tropisches und ein gemässigtes. Der erste Schnee fällt auf die Erde.
- 5. Auch im Tertiär zeigen die Coniferen den Typus von Hydrophyten und Hydrophilen, indem sie in den Niederungen an Seen und Sümpfen und Flüssen wachsen und das Material zu den Braunkohlen liefern, während die Angiospermen nur Blätter in den tonigen Zwischenschichten zurückgelassen haben. Nachkommen tertiärer Coniferen leben heute in tropischen Sümpfen (Taxodium).
- 6. Der Bernstein deutet auf Hydrophilie der Coniferenwälder, welche auf der ganzen Erde lebten und infolge von Wassermangel kränkelten, Bersteinharz ausschieden und zugrunde gingen. Der Bernstein wurde in tiefere Lagen abgeschwemmt, die Bernsteinbäume vermoderten oder bildeten an Ort und Stelle Braunkohlenlager.
- 7. Mit der Austrocknung der Kontinente verschwinden die massigen Nadelwälder und mehren sich die Laubwälder. Gräser und Moose finden feuchten Boden, ohne ertränkt zu werden.

4. Das Diluvium.

Hatte die tertiäre Zeit den Niedergang der Coniferen und das Aufblühen der Angiospermen eingeleitet, so verhalf das Diluvium durch seine allem Pflanzenleben ungünstigen Verhältnisse doch den letztern vollends zum Siege. Ursache hievon waren abermals umfangreiche und tiefgreifende Veränderungen auf der ganzen Erdoberfläche, Veränderungen sowohl des Bodens, als auch des Klimas.

Besonders schädigend für das Leben der Coniferen wurden abermals bedeutende Hebungen, die rings um den ganzen Erdball erfolgten. Die gewaltigen Faltungen der Erdkruste welche schon früher die Hochgebirge erzeugt hatten, setzten zum drittenmale ein und hoben die Gebirge noch höher als wir sie jetzt kennen, da Jahrtausende an ihrer Zerstörung gearbeitet haben. Mit den Gebirgskämmen stiegen aber auch die Ebenen empor, welche sich früher am Fusse derselben ausgebreitet hatten, und wurden zu Hochebenen.

So entstanden grössere Erhebungen des Tieflandes besonders am Nord- und Ostrande der Alpen in der Schweiz, Bayern, Steiermark, am Rande der Karpathen in Ungarn, am Rande der Pyrenäen, Ural, Kaukasus, Himalaja, Cordilleren, aber auch am Rande kleinerer Gebirge, der Juragebirge, Ardennen, Erzgebirge.

Und gerade diese Hochebenen waren früher die Stätten der endlosen Nadelwaldungen gewesen, da sie noch in der Tiefe lagen. Jetzt gruben sich die Flüsse tiefe Betten in dieselben und führten das Wasser in eilendem Laufe dem Meere zu. Sie konnten das Erdreich nicht mehr durchtränken und den Hochebenen die satte Feuchtigkeit der ehemaligen Niederungen ersetzen. Nur kleinere Becken sammelten das Wasserder Niederschläge und bildeten Sümpfe und Moore.

Darum mussten die Nadelhölzer dahinsiechen und Pflanzen den Platz räumen, denen das Wasser der Niederschläge genügte. An die Stelle der geschlossenen, wenigartreichen und ausgedehnten Nadelwaldungen traten unterbrochene Wälder von Laubbäumen oft in bunter Mischung verschiedener Geschlechter.

Und gerade diese Hochebenen waren die Stätten, auf welchen sich das Pflanzenleben erhielt, als die Diluvialflut hereinbrach und die Kontinente überschwemmte, alles Leben in den Tiefebenen vernichtend

Gerade diese Hochebenen erhielten das Pflanzenleben, als die Gletscher von den Gebirgen herabströmten, alle Täler erfüllten und Tiere wie Pflanzen umhüllten und in eisiger Kälte ertöteten.

Von diesen Hochebenen verbreiteten sich dann, als die Fluten zurücktraten und die Gletscher abschmolzen, neue Geschlechter und neue Arten hinunter in die neuen Täler und Ebenen und weiter hinauf zu den eisbefreiten Bergen.

Die Diluvialflut hatte einen grossen Teil aller Kontinente überschwemmt. Das Terrain vom Kanal, Nord- und Ostsee bisher Festland, sank unter Wasser. Ganz Norddeutschland,

Russland bis zum Ural, Holland und Belgien, Ungarn, Oberitalien wurden überflutet, so dass vom heutigen Europa die skandinavisch-finnische, die mitteleuropäische von den Karpathen bis zum Teutoburger Walde reichende, die englische, südfranzösische, pyrenäische, alpine und apeninnische Insel aus dem Meere hervorragten. Ebenso war Nordasien bis zur Behringsstrasse, in Afrika die Sahara, mehr als die Hälfte von Nordamerika mit Wasser bedeckt, so dass der Umfang der Landmassen am Anfang der Diluvialperiode nicht viel grösser war als am Ende der Kreidezeit.

Zu diesen gewaltigen Hebungen und Senkungen im Grossen gesellten sich gleichsam als vibrierende Nachspiele kleinere wiederholte Hebungen und Senkungen einzelner Gebiete. So folgte in Skandinavien auf die erste Hebung eine Periode der Senkungen bis etwa 300 Meter unter das jetzige Niveau, hierauf wieder eine Hebung, die noch heute fortdauert und das Terrain mit Wener- und Wettersee und das zwischen weissem Meer und Ostsee trocken gelegt hat. Aehnliche Erscheinungen spielten sich gleichzeitig in Schottland ab.

Während die Hebungen besonders für die Nadelhölzer eine Verschlechterung der Lebensbedingungen schufen, wirkten die Senkungen als wahrhaftige »Sintflut«.

Aber auch die Niederungen, welche von den Hebungen und Senkungen nicht direkt berührt wurden, boten den Nadelhölzern nicht mehr eine bleibende Stätte. Von den gewaltsam emporgepressten Gebirgen stürzten unendliche Massen zermürbten Gesteins und füllten Seen und Täler mit Gerölle, Kies, Sand, Ton, Lehm, Löss. Und nicht nur Meere, Flüsse und Niederschläge häuften die Schuttmassen, welche danach als marine, fluviatile und pluviatile bezeichnet werden, sondern auch Winde nagten an den Höhen und trieben sandige Dünen in das Land. Flache Gestade versandeten, seichte Meere und Busen versumpften, weite Becken füllten sich mit Löss, Binnenseen wurden zu Mooren. An die Stellen weiter Ebenen früherer Zeiten traten Hügellandschaften, Berglehnen, enge Täler.

Ja zu den verheerenden Kräften von Wasser und Wind gesellte sich als dritter Feind gegen die reiche Vegetation der tertiären Periode die Kälte, welche von Norden und von den Bergspitzen her tief in die Kontinente eindrang und dem Diluvium den Stempel der Eiszeit aufdrückte. Unendliche Schneemassen fielen auf die Gebirge und drängten als Gletscher durch die Täler in die Ebenen herab.

Von Skandinavien und England, von den Alpen und dem Ural ergossen sich die Eismassen über Europa. Selbst die mittlern Gebirge, Jura, Schwarzwald, Vogesen, Taunus, Odenwald, Erz- und Riesengebirge, Tatra besassen ihre eigenen Gletscherherde. Das gleiche Schicksal teilten mit Europa die nördlichen Hälften von Asien und Nordamerika.

Wie die Hebungen und Senkungen der Kontinente und ihrer einzelnen Teile nicht gleichzeitig und auf einmal erfolgten, so gab es auch in dem Vordringen der Gletscher grössere und geringere Schwankungen, wonach man zwei bis drei Gletscherperioden unterscheidet.

Wohl mögen die Schneemassen und Gletscher der Pflanzenwelt in erster Reihe direkt grossen Schaden zugefügt haben, sei es, dass sie durch ihre Last, wie man alljährlich beobachten kann, ganze Wälder erdrückten und lange Täler erfüllten, sei es, dass sie durch ihre Moränen weite Strecken verödeten oder beim Abschmelzen verheerende Fluten erzeugten.

Doch ihre Hauptwirkung lag in der Kälte, welche sie von Norden und den Gebirgshöhen in tieferliegende und südlichere Landstriche verbreiteten.

Es gab nun grosse warme und kalte Zonen, zwischen denen kaum ein gemässigte Raum hatte. Es gab längere und strenge Winter und kürzere, kühlere Sommer. An manchem klaren Tage mag die Sonne mit tropischer Glut gebrannt haben, worauf eisige Nächte folgten. Manch schönes Frühlingsgrün wird durch Nachtfröste zerstört worden sein, oft wird in blühende Gefilde tötlicher Schnee gefallen sein, viele Bäume und Aeste werden unter der schweren Last nassen Frühlingsoder Herbstschnees gebrochen sein. Verhängnisvoll muss immer wieder und wieder schroffer Temperaturwechsel zwischen Tages- oder Jahreszeiten gewirkt haben.

Schon in den vorangegangenen Zeitaltern war die Temperatur stetig gesunken, musste sinken mit der Abkühlung der Erde, mit der Differenzierung von Land und Wasser, mit der Auftürmung der Berge, war gesunken und musste sinken erst gleichmässig auf der ganzen Erdoberfläche, dann mehr an

den Polen und auf den Höhen, aber am Ende der Tertiärzeit hatte Mitteleuropa doch noch ein subtropisches Klima. Das Diluvium und seine Eiszeit brachten ein arktisches.

Damit war der ganzen Flora Mitteleuropas das Todesurteil gesprochen. Damit waren aus dem mannigfaltigen und bunten Pflanzenteppich, der alle Zonen vereinigt hatte, die edlen Gestalten der heissen Zone für immer herausgerissen. Auf die immer noch üppige Formenpracht des Tertiärs folgte eine spärliche und eintönige Tundrenflora, welche mit Eis und Schnee und Kälte einen langen Verzweiflungskampf durchkämpfte, und später als die Gletscher abnahmen und heisse Sommer mit kalten Wintern wechselten, eine Steppenflora, welche sich an manchen Orten bis zum heutigen Tage von jenen schweren Zeiten nicht erholen konnte.

Von einschneidenster Bedeutung war die Eiszeit insbesondere für die Nadelhölzer, deren viele Geschlechter einem tropischen Klima entstammten und nun rettungslos der Kälte preisgegeben waren. Durch den Mangel an Feuchtigkeit hatten sie so schwer zu leiden gehabt, nun wurde ihnen auch die zweite wichtige Lebensbedingung entzogen. Trockenheit und Kälte beschleunigten in Europa das Aussterben so vieler bisher weltbeherrschender Formen, die heute noch in südlichen Ländern ein auf kleinere Gebiete beschränktes Dasein führen.

Allerdings hatten sich im Norden schon Coniferengeschlechter entwickelt, die auch grössere Kälte ertrugen, und
waren entsprechend der allgemeinen Temperaturabnahme immer
weiter nach Süden vorgedrungen. Aber gerade ihre Entwicklungszentren wurden zuerst und verhältnismässig plötzlich
von Schnee und Eis überfallen und zu Boden gedrückt, so
dass ihre Eroberungszüge durch die Eiszeit gehemmt und auf
manchen Linien sicherlich unterbrochen wurden. Wäre die
Entwicklung der Erde auch im Diluvium in tertiärer Weise
fortgeschritten, so würden die tropischen Coniferenwälder
vielleicht in nordische übergegangen sein. So aber erzeugte
das Diluvium statt Wälder Schnee- und Eisfelder, Tundren und
Steppen.

Wie feindselig das Diluvium einer massenhaften Pflanzenentfaltung war, verraten die geringen Pflanzenreste jener Zeit. Sie zeigen wohl eine grosse Zahl verschiedenster Arten in den kleinsten Anhäufungen, aber nirgends finden sich grössere Lager wie im Tertiär, nirgends Lager weniger Arten in grosser Individuenzahl wie in früheren Zeiträumen. Denn an einzelnen günstigeren Orten konnten sich manche Geschlechter den veränderten Verhältnissen anpassen und mannigfaltige Arten und Abarten entwickeln, namentlich die kurzlebigeren Stauden und die leichtbeweglichen Kräuter. Aber ein massenhaftes Auftreten und eine üppige Entfaltung mächtiger Wälder war unmöglich. Daher der Mangel an wirklichen Kohlenlagern, obwohl überall diluviale Kohlen. Kaum ein Berg, kaum ein Wasserriss, ein höheres Bachufer, das nicht Kohlenstücke bergen sollte. Aber überall nur ein kleines Nest, eine kurze dünne Lage, als ob hie und da ein Baum einsam gelebt und einsam gestorben oder ein kleines Wäldchen ein kümmerliches Dasein geführt.

Eigentliche Kohlenlager fehlen dem Diluvium ganz. Auch die sogenannten Schieferkohlen von Untznach, Dürnten im Kanton St. Gallen und Zürich sind nur Torflager, welche die verschiedenartigsten Pflanzen einschliessen: Ausser Kiefern, Lärchen und Fichten, Bergahorn, Eiche, Birke, dazu noch mehrere Arten Schilf, Binsen, Menyanthes, Moosen.

Bezeugen schon diese Krautpflanzen die torfartige Bildung jener Kohlen und die Sumpfnatur des Standortes, so wird dieselbe noch mehr bestätigt durch die Einschlüsse von Körperteilen des Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Bos primigenius, Cervus elaphus, Ursus spelaeus, da Reste von Landtieren in echten Kohlenlagern fehlen.

Ein ähnliches Bild zeigt eine Lettenschichte bei Cromer an der englischen Küste von Norfolk. Zwischen verkohlten Baumstümpfen von Fichten, Bergföhren, Eichen, Hasel und dünnen Lignitstreifen finden sich Reste von zwei ausgestorbenen Elefantenarten, Elephas antiquus und E. meridionalis, zwei Rhinocerosarten, Rhinoceros Merckii und Rh. megarhinus, einem Flusspferd, mehreren Hirschen und anderen Säugetieren.²

Die tierischen Reste der Torflager weisen auf die nahen Beziehungen der Sümpfe zum Festland im Gegensatz zu den wasserreichen Bildungsstätten der Kohlenlager.

¹ Senft, p. 531.

² Zittel, Aus der Urzeit, p. 515.

Wie die Bernsteineinschlüsse von lauter Landtieren andeuten, dass die Bernsteinwälder einstens auf trockenem Boden standen, über welchen Spinnen und Schnecken gefahrlos kriechen konnten, so mussten auch die Torfböden zeitweilig trocken liegen, um Elefanten und Rindern, Hirschen und Bären ein weiteres Eindringen über den Rand des Torfbeckens hinein möglich zu machen.

Als Braunkohlen entstanden, lebten auch schon grosse Säuger, deren Gebeine in erdigen Schichten jener Zeit gefunden worden. Aber nie wurden Knochen von ihnen in den Kohlenlagern selbst entdeckt, wie etwa Fischreste in den Steinkohlen. Dass die grossen Landtiere die Nadelwälder vielleicht gemieden, weil sie nicht Nahrung darin fanden, ist nicht wahrscheinlich, da sie tatsächlich sogar Nadeln gefressen haben. Dies beweisen unwiderleglich zwei Funde. In Sibirien ist ein Mamuth ausgegraben worden, in dessen noch wohl erhaltenem Magen und zwischen den Zahnschmelzfalten Fichtennadeln deutlich zu unterscheiden waren. Und der Magen von Mastodons aus dem Diluvialschlamm bei New-York und Cincinnati war geradezu mit Cypressennadeln angefüllt.

Das Vorkommen genannter Säuger in Torfschichten, ihr Fehlen in den Kohlenlagern von Gymnospermen dürfte daher ein Fingerzeig dafür sein, dass der Boden der tertiären Nadelwälder wenig für Landtiere geeignet war, möglicherweise so viel Wasser enthielt, dass jene Tiere sich nicht hinein wagten. Die Moore und Moorsümpfe trockneten dagegen sicherlich zeitweilig aus und lockten die Tiere an, welche sich vor Feinden flüchteten oder ein Versteck suchten, um dort zu verenden.

Wie ungünstig das Diluvium dem Pflanzenleben war, bezeugen gerade die Torflager im Gegensatz zu den Kohlenlagern früherer Zeiten. Die Torfbildung ist im Diluvium so häufig und typisch, dass das quartäre Zeitalter sogar den Namen Torfzeit erhalten hat, während das Tertiär Braunkohlenzeit genannt wird.

Die Ungunst der Verhältnisse gibt sich nicht nur in der geringen Zahl und Mächtigkeit der Pflanzenreste kund, sondern auch in dem bunten Durcheinander von Nadel- und Laub-

¹ Zittel, Aus der Urzeit, p. 531 und 563.

bäumen, von Bäumen und Sträuchern und Kräutern, die zwar meist limnischen Charakter tragen, aber gerade durch ihre Vielgestaltigkeit ausdrücken, dass keine Art so günstige Lebensbedingungen fand, um sich besonders stark auszubreiten und die andern zu verdrängen.

Moose, saure Gräser, Heidekräuter der Torflager erzählen auch von feuchten und nassen Standorten, an denen sie wucherten wie weilend die Gefässkryptogamen und Gymnospermen, erzählen auch von Tiefen, in denen sie versanken und verkohlten. Aber ihre Heimstätten waren Sümpfe, deren Wassergehalt auch wechselte, bald grösser, bald geringer war, bald vollständig ausging, jedoch nie oder nur schnell vorübergehend über ihre Köpfe stieg, so dass sie unten abstarben, aber nach oben weiter wachsen konnten. Das flutende Wasser der Stein- oder Braunkohlenzeit hätte sie bald völlig vernichtet und ihre zarten Reste nach allen Seiten zerstreut.

Grösseren Gewässern konnten nur grössere und grosse Pflanzen, konnten nur Bäume, Gefässkryptogamen und Coniferen widerstehen, welche an das nasse Element gewöhnt und neben der Gewohnheit auch die physische Kraft besassen. Wasser war ihr Lebenselement, welches über und durch die Erde flutete, während das stagnierende Wasser der Sümpfe blos die traurigen Reste einer grossen Vergangenheit mühselig erhielt und langsam zu Tode vegetieren liess.

Doch auch die bösen Zeiten des Diluviums gingen zu Ende. Die grossen Gewässer zogen sich von den Festländern zurück, deren Umrisse allmählich in der heutigen Form zu Tage traten. Die mächtigen Gletscher schmolzen immer mehr ab und beschränkten sich zuletzt auf die höchsten Gebirge und die höchsten Polargegenden.

Die reissenden Gletscherströme wurden stiller und stiller, treunten sich in kleinere Flüßchen und Bäche oder versickerten sogar vollständig. Auf die groben Gerölle und Kiese der stürmischen Zeit lagerten sich feiner Lehm und feiner Ton. Der im Tertiär noch schroffere Gegensatz von Gebirge und Ebene wurde durch Vorberge und Hügel und wellige Ebenen gemildert. Das strenge Antlitz der Erde glättete sich zu freundlicheren Falten und erquickte das Auge der ersten Menschen durch wechselvolle Landschaften.

In die mächtigen diluvialen Ablagerungen der Meere und Flüsse gruben die Tagwasser neue Betten und schufen langgestreckte Flusstäler mit zahlreichen Seitenflüssen und engeren Seitentälern, welche in fächerförmigen Mulden endeten.

So erstand aus dem zerstörenden Diluvium zuletzt eine neue Welt mit grossen Kontinenten, wie wir sie heute kennen, mit Gebirgen und Bergen, mit Ebenen und Tälern, mit sehr verschiedenartigen, oft sehr fruchtbaren Böden, wie sie für die einzelnen Pflanzenarten und Kulturpflanzen nicht besser gedacht werden können. Dazu schien die Sonne wieder warm, und wenn sie auch nach Europa und in dieselben Breiten der anderen Kontinente nicht wieder ein tropisches Klima zaubern konnte, so schränkte sie doch wenigstens die kalten Zonen ein und schuf zwei breite Gürtel mit gemässigter Temperatur.

Da erholte sich auch die zurückgedrängte Pflanzenwelt allenthalben und begann von ihren Zufluchtsstätten aus einen neuen Eroberungszug gegen Norden und Süden und an den Berg- und Gebirgslehnen empor. Tundren und Steppen mussten weichen und die gemässigten Zonen erhielten abermals ein buntes Pflanzenkleid, vielleicht noch schöner als ehedem, nur die tropischen Farben fehlten. Europa, welches im Diluvium vielleicht am meisten gelitten, trug den höchsten Lohn davon, die vollkommenste horizontale und vertikale Gliederung, Grundbedingungen für Pflanzen- Tier- und Menschenleben.

Immer mächtiger breiteten sich auch die Wälder aus. An den Flüssen kamen sie in die Täler, aus den Tälern zogen sie mit den Flüssen in die Ebenen, an den Wasserläufen drangen sie auf Hügel und Berge und eroberten den grössten Teil der Gebirge. Zuletzt rauschten landaus landein Wälder und wieder Wälder, wo vor kurzem des Meeres Wellen wogten und Winde das kahle Gestein aufwühlten und Gletscher ihre Eisblöcke und Findlinge und Moränen abgelagert. Es waren wieder Wälder, fast so ausgedehnt wie in der waldreichen Tertiärzeit, aber es waren nicht mehr Nadelwälder, es waren Laubwälder, welche den diluvialen Boden erobert hatten und bis in die geschichtliche Zeit behauptet haben.

Caesar und Plinius erzählen, dass dichter Urwald das gesamte Gebiet Germaniens bedeckte, dass Eichenwälder Gebirge wie Ebenen beherrschten und uralte Waldpfade von Auerochs und Wiesent, Elen und Eber gebahnt die Wildnis durchkreuzten.

Auch die Länder Südeuropas, Spanien, Italien, Balkan, jetzt durch ihre Waldlosigkeit traurig berühmt, wurden nach dem Diluvium reich bewaldet. Die alten Schriftsteller sprechen nicht selten von Urwäldern, Walddickichten, finstern und unheimlichen Wäldern. Homer erzählt von dem Haupt des waldumrauschten Neritos auf der Insel des Odysseus, auf das Athene den sein Vaterland nicht wiedererkennenden Odysseus mit den Worten hinweist: »Aber jenes Gebirg ist Neritos, finster von Waldung.«¹

Die Tatsache, dass nach der Eiszeit der Laubwald überall vordringt und die Sitze ehemaliger Nadelwälder einnimmt, diese scheinbar verdrängend, ist besonders für Europa höchst auffallend und kann durch Veränderung von Klima, Bodenzusammensetzung, Bestäubung, Samenverbreitung kaum erklärt werden.

Natürlich und selbstverständlich ist, dass die tropischen Geschlechter der Gymnospermen während der Eiszeit in Europa und in den vergletscherten Gebieten anderer Weltteile untergehen mussten und später die gemässigten Erdstriche von Süden her nicht wieder erobern konnten. Aber schon während der Tertiärzeit hatten sich im kälteren Norden die härteren Formen der Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, Wachholder entwickelt und eine grosse Verbreitung gefunden. Sie waren bei der Erhebung der Gebirge aus Ebenen und Tälern mit emporgehoben und vor den Diluvialfluten gerettet worden. Sie konnten die Kälte der Eiszeit ertragen und entgingen dadurch den Gefahren der nahen Gletscher. Darum hätte man erwarten können, dass sie nach der Eiszeit aus ihren Schlupfwinkeln, von den Bergen und den höher gelegenen Ebenen und Hügeln auch in die niederen Ebenen wieder herabsteigen und die ehemaligen Wohnsitze wieder einnehmen würden. Doch sie taten dies nicht und überliessen ihre alten Plätze Laubwäldern, zumal Eichen.

Der Grund hievon kann nicht in klimatischen Veränderungen liegen. Das Klima vor der Eiszeit war in den nörd-

 $^{^{\}rm 1}$ Paul Elsner, die Insel des Odysseus, in Ueber Land und Meer 1909 p. 999, Nr. 43.

lichen Gegenden ein gemässigtes gewesen. Aus ihm hatten sich jene Coniferen nach Süden verbreitet zwischen die tropischen Artgenossen und damit ihre Anpassungsfähigkeit an höhere Temperaturen erwiesen. Sie überdauerten auch die Eiszeit und erwiesen damit, dass sie sich auch an niedrigere Temperaturen anzuschmiegen vermochten. Oder mit anderen Worten, die Coniferen der Eiszeit waren nicht empfindlich gegen Temperaturunterschiede und konnten sich nach oben und unten jeweiligen Schwankungen anpassen. Dieses Anpassungsvermögen zeigen auch ihre Verwandten in der Gegenwart.

Da nun nach der Eiszeit in Mitteleuropa gemässigte Temperaturverhältnisse eintraten, die den Coniferen am meisten zusagen mussten, und sie sich trotzdem nicht wieder in grossen und überwiegenden Mengen ausbreiteten und den Laubbäumen den Vorrang überliessen, wird nicht das Klima Ursache ihres Fernbleibens gewesen sein.

Aber auch die Bodenzusammensetzung konnte nicht der Grund sein, dessentwegen die Nadelhölzer zumeist in den Gebirgen blieben.

Durch den Diluvialschutt war die Erdkrume geradezu verbessert worden, so dass die Laubpflanzen, obwohl sie an den Boden höhere Ansprüche stellen, eine gedeihliche Entwicklung zeigten. Und dass der Boden auch für die Coniferen tatsächlich passend war, beweisen die künstlichen Anlagen der letzten Jahrhunderte. Von selbst ergriffen sie nicht Besitz von dem Boden, auf dem sie gezwungenerweise sich heimisch fühlen und recht gut gedeihen.

Man könnte auch meinen, dass die Laubbäume im Kampfe ums Dasein die Nadelhölzer besiegt, weil sie zur Bestäubung der Blüten und zur Verbreitung der Samen besser eingerichtet gewesen wären, dass sie mehr Samen erzeugt und damit rascher weitere Gebiete besamet hätten.

Vergleicht man aber die Blüteneinrichtungen von Nadelbäumen und Eichen, so dürften die letztern kaum als vorteilhafter bezeichnet werden können. Beide sind Windblüter und stehen noch auf niedriger Stufe der Blütenentwicklung. Ja wenn man aus der Gegenwart auf Jahrtausende zurückschliessen darf, muss man sogar behaupten, dass die Nadel-

hölzer alljährlich blühen, zumal die Kiefern, während die Eichen oft mehrere Jahre aussetzen, dass die Nadelhölzer schneller ein blütenfähiges Alter erreichen als die Eichen, dass die kleinen geflügelten Samen der Nadelhölzer für eine weitere Verbreitung viel besser eingerichtet sind als die schweren Eicheln.

Ebenso folgt aus der Vergleichung von Nadelbäumen mit Buchen, welche nächst Eichen die weiteste Verbreitung erlangten, ja die Eichen vertreiben sollen, und mit anderen Laubbäumen, dass keinesfalls mangelhafte oder veraltete Blüten- und Sameneinrichtungen der Gymnospermen der Grund sein können, dass sie im Kampfe mit den Laubbäumen unterlagen.

Klima, Bodenzusammensetzung, Blüten-, Frucht-, Samenbeschaffenheit geben keine oder wenigstens keine ausreichende Erklärung für das eigentümliche Verhalten der Nadelbäume nach der Eiszeit. Ausreichender dürfte sie auch während dieses Zeitraumes in den Bewässerungsverhältnissen gefunden werden.

Auf die stetige Abnahme des Wasserreichtums in der Tertiärzeit und die gleichzeitige Abnahme des Nadelwaldbestandes hätte, als im Diluvium neuerdings Ueberflutungen der Tiefländer erfolgten, auch eine Zunahme der Nadelhölzer eintreten sollen, wenn anders ein Kausalitätsverhältnis zwischen Wasserreichtum des Bodens und der Ausbreitung der Coniferen bestand.

Aber die Diluvialfluten wirkten ganz anders als die Gewässer früherer Zeiträume. Zuerst wirkten sie durch heftigen Anprall und stürmische Bewegungen, deren Spuren das Relief der Erde heute noch kennzeichnen, nur zerstörend auf Erdkrume und Pflanzendecke. Und als sie später abflossen, hinterliessen sie einen trockenen Boden. Trocken und schnellem Austrocknen geneigt durch die hügelige Beschaffenheit ehemaliger Ebenen, indem der Wellenschlag der Gewässer lockeres Material bald mehr bald weniger hoch zu zahllosen Hügeln und Kämmen gehäuft. Trocken auch durch die Beschaffenheit der Materialien selbst, indem Kies und Sand das Wasser rasch durchsickern, Ton und Lehm dasselbe leicht oberflächlich abrinnen liessen.

Auch die Gletscher mit ihren Gewässern trugen weniger zur Bewässerung als zur Erhöhung und Austrocknung des tieferen Geländes bei. Sie brachten unendliche Massen von Gebirgsschutt zu Tale, füllten Schluchten und Seen und entwässerten selbst Binnenmeere. Heute noch erzählen Moränenwälle und erratische Blöcke von jenen ungeheuren Erd- und Steinmengen, die Hügel und Berge und Bergterassen aufgebaut haben: Und wenn auch beim Abschmelzen der Gletscher, beim Wechsel von kalten Wintern und heissen Sommern, beim Niedergange heftiger Regengüsse auch grosse Mengen Wasser sich über weite Landstrecken ergossen, so konnte doch ein solches zeitweiliges Uebermass den früheren mehr regelmässigen und ruhigen Wasserstand nicht ersetzen. Es richtete mehr Unheil an als Segen, trug mehr zu Sumpf- und Moorbildung bei als zur Ausbreitung von Nadelwäldern.

Nach der Eiszeit stiegen die Festländer aus den Meeresfluten empor und nahmen die geschlossene Gestalt an, wie wir sie in der Gegenwart kennen. Die im Tertiär noch grösseren Binnenseen und Binnenmeere nahmen hinfort stetig an Umfang ab, die früher tiefer in das Land eindringenden Meerbusen und Buchten versandeten. An die Stelle flacher, wasserreicher Gestade traten Küsten mit landeinwärtsstrebenden Dünen oder Steilküsten mit hohen, schroff ins Meer abfallenden Ufern. Wasserreiche Lagunen wurden zu öden Klippen.

Wie die Küstenländer immer trockener wurden, so auch das Innere der Kontinente. Auch die ständig strömenden Flüsschen und Flüsse vermochten nicht mehr wie früher das Erdreich zu durchtränken oder ihre Wasser in seichten Becken zu sammeln. Sie gruben sich tiefe Betten in den diluvialen Schuttboden, so dass die benachbarten Landstrecken zuletzt geradezu trockene Hochebenen wurden. So zeigen Spanien, China, Amerika kahle Lössflächen, in welche tiefe schluchtenartige Flussbetten eingeschnitten sind. Oder aber stürzte das lockere Erdreich der Ufer in das Flussbett und wurde allmählich fortgeschwemmt, so dass die ursprünglich geschlossene Hochebene sich zuletzt in ein Bergland mit vielen Höhenzügen und engeren und weiteren Tälern verwandelte, dessen Nebentäler sich nach den Höhen hin baumartig verzweigen und in ansteigenden Mulden endigen.

Ein solches Erosionsland einer einst von Osten nach Westen und von Norden nach Süden sanft geneigten Hochebene ist Siebenbürgen, dessen zahllose Wasserrisse in deutlicher Sprache von der fortschreitenden Austrocknung und Entwaldung des Landes in alter und neuer Zeit erzählen.

Mit der Erhebung der Gebirge und des Festlandes musste naturgemäss auch die Geschwindigkeit und erodierende Kraft der fliessenden Gewässer zunehmen. Sie äusserte sich aber nicht nur in der Vertiefung der Betten, nicht nur in der Umfassung von Ufern und Berglehnen sondern auch in der Umgestaltung der Seebecken. Die Flüsse blieben nicht mehr im Innern der Länder stehen, sondern brachen sich freie Bahn bis zu den entfernteren Meeren und entführten das Wasser in weite Ferne.

Auch diesen Vorgang illustriert in anschaulichster Weise Siebenbürgen, dessen Flüsse wahrscheinlich zuerst von den ringsum liegenden Gebirgen das Wasser im Innern sammelten, bis sie den Kranz der Karpathen endlich durchbrächen und nun in raschem Laufe dem Lande sein kostbares Wasser entführen, während die Höhen und Berglehnen allenthalben verdursten.

Mit der Erweiterung und Erhebung der Festländer, mit der Abnahme des stehenden Wassers, mit dem schnelleren Ablaufen der Flüsse musste gleichzeitig auch eine Verminderung der Niederschläge erfolgen. Schon der Vergleich der Mächtigkeit der Gletscher in Diluvium und Gegenwart lässt erkennen, dass die damaligen Niederschläge viel zahlreicher waren als heutzutage. Die Ueberflutungen iener mussten naturgemäss auch mehr Niederschläge hervorrufen. Tatsache ist, dass Inselländer mehr Niederschläge erhalten als ausgedehnte Landmassen. Ebenso natürlich ist, dass Küstenländer reichlicher Regen haben als die zentralen Gebiete. Wasserdünste steigen über den Meeren auf, aus den Meeren bringen die Wolken das Wasser wieder auf die Berge und über das Festland. Wären die Meere nicht so freigebig und die Winde nicht so hilfsbereit, so wären die massigen Festländer schon längst in wald- und pflanzenlose Wüsten verwandelt.

Darum wird man wohl schliessen dürfen, dass auch im Diluvium mit der stetigen Austrocknung des Festlandes eine stetige Abnahme der Niederschläge verbunden war, und dass

¹ J. Schullerus. Zur Harbachregulierung.

hinwieder auch umgekehrt mit der Verringerung der Niederschläge die Schnelligkeit des Austrocknungsprozesses beschleunigt wurde.

Die gleiche Korrelation kann auch auf Niederschläge und Wälder Anwendung finden. Nach der Eiszeit nahmen die Niederschläge ab, weil die Wälder nur eine geringe Ausdehnung besassen und zuerst nur eine Tundren- und Steppenflora die kahlgefegte Erde deckte. Und andererseits konnten die Wälder, vor allen Dingen die Coniferenwälder, nicht wieder aufkommen, weil auf die kahlen Flächen zu wenig Niederschläge fielen. Jedenfalls gab es mehr Regen in den Gebirgen als auf den öden erst vor kurzem trocken gewordenen Schuttmassen.

Zieht man alle diese Erscheinungen und Vorgänge in der Diluvialzeit in Betracht, so wird man mit Recht behaupten können, dass der Wasserreichtum des Bodens nach der Eiszeit stetig abgenommen, insonderheit in den gemässigten Zonen horizontaler und vertikaler Richtung, also dass die Ueberflutungen nur als ein Intermezzo anzusehen sind, wodurch der Austrocknungsprozess eine Zeit lang unterbrochen war, nur um nachher umso intensiver wieder einzusetzen und bald über das Stadium hinauszuführen, in welchem er unterbrochen wurde. Denn ohne Ueberflutungen und Eiszeit würde die Entwicklung wohl eine stetigere aber auch langsamere gewesen sein. Und wenn in der Entwicklung der Erde und ihrer Bewohner auch der Grundsatz gilt: »natura non facit saltus«, so wird man ihn insoweit gelten lassen, als diese Sprünge nicht wiederholte Schöpfungen ab ovo sein konnten, aber doch so gewaltige Sprünge waren, dass sie nicht nur über Sein und Nichtsein von Weltteilen und Weltmeeren oder Landesteilen und Meeresteilen entschieden, sondern auch über Werden und Untergehen von Organismen und Organismengruppen.

Und vergleicht man die Verhältnisse der Erde vor und nach der Eiszeit in bezug auf Wärme, Boden, Feuchtigkeit, so wird man zugeben müssen, dass die tiefgreifendsten Veränderungen und Umwandlungen den Wasserreichtum des Bodens betreffen, genau so wie in den früheren Perioden. Darum muss die Abnahme des Wassers auch auf die Vegetation den tiefgreifendsten Einfluss ausgeübt haben.

Die Gymnospermen hatten sich bis zum Diluvium in ihrer Entwicklung wiederholt äusseren Verhältnissen anpassen müssen. Der Kohlensäure nach der Steinkohlenzeit trugen Rechnung die reicher verzweigten und reicher beblätterten Formen: Voltzia, Gingkophyllum, Pterophyllum. Den brennenden Sonnenstrahlen konnten die lederartigen Wedel der Cycadeen besser widerstehen als die zarten Fiedern der Farne. Die schuppen- und nadelförmigen Blätter der Coniferen können durch ihre grosse Zahl und Ausdauer gut assimilieren und bei dichtem Stand das Licht trefflich ausnützen. Sie können Regen, Schnee und Wind ausgezeichnet vertragen. Darum vermochten sie verschiedenartigen Verhältnissen und namentlich der Eiszeit zu trotzen. Aber dafür können sie den Boden nur wenig beschatten zumal in jugendlichem Zustande. In dieser Eigenschaft können sie mit Eiche und Buche nicht wetteifern, daher auf trockenerem Boden sich diese von selbst ansiedlen, während die Nadelhölzer ausgehen und sich nicht von selbst einfinden.

Nicht die Laubbäume haben die Nadelwälder aus ihren Wohnsitzen verdrängt, ebensowenig wie sie es heutigen Tages tun, sondern das grössere Wasserbedürfnis hat diese abgehalten, von den trockenen Moränenwällen, von den marinen Sanddünen, von den diluvialen Schotterterrassen, den verkiesten Flussläufen, den welligen Ton- und Lehmebenen Besitz zu ergreifen. Das grössere Wasserbedürfnis hat die Coniferen gezwungen, in ihren Schlupfwinkeln, in Bergen und Gebirgen zu bleiben, wo sie feuchten Boden und feuchte Luft leichter haben können, als in den Ebenen.

Die mehr abseits vom Wasser, an den trockenen Berglehnen und Bergen des Tertiärs zur Entwicklung gekommenen Angiospermen mussten nun nach der Eiszeit Pionierdienste tun. Die Laubwälder mussen jetzt mit ihren breiten Blättern und ihrem Unterholz, mit dem Heere von süssen und sauren Gräsern, mit Moosen und Flechten vordringen, fruchtbare Erdkrume zu schaffen, den Boden zu festigen, wasseraufnahmsfähig und wasserhaltungsfähig zu machen für die Kulturpflanzen der geschichtlichen Zeit, der Gegenwart.

Die Geologie lehrt demnach über die Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten während der Diluvialzeit:

1. Im Diluvium nach der Eiszeit wird die Sonderung der Pflanzenwelt nach Zonen in vertikaler und horizontaler Richtung vollendet. Palmen und südliche Geschlechter der Nadelhölzer verschwinden aus Europa und der gemässigten Zone und bleiben nur in den Tropen erhalten. Nördliche Geschlechter der Nadelhözer, Fichten, Tannen, Kiefern, Lärchen bleiben an ihren gebirgigen Zufluchtsorten. Angiospermen, besonders Laubwälder, Eichen, Buchen dringen vor und bestimmen die Physiognomie der gemässigten Zone.

2. Im Diluvium erfolgte eine dritte gewaltige und letzte Faltung der Erdrinde, wodurch die Gebirgsriesen ihre endgiltige Höhe erreichten, während durch Senkung Nord- und Ostsee entstanden und die nördlichen Teile der Kontinente

teils überflutet, teils vergletschert wurden.

3. Nach der Eiszeit, nach dem Zurücktreten von Gletschern und Fluten, bildeten sich die Kontinente unserer Zeit mit ihren Zonen und Klimaten wie wir sie heute kennen.

4. Im Diluvium hatte der Wasserreichtum der Kontinente noch weiter abgenommen, nur wenig unterbrochen durch Gletscher und Ueberflutungen. Mit der Austrocknung der Kontinente nahmen die Nadelwälder ab, die Laubwälder zu.

5. Auch im Diluvium zeigen die Coniferen deutlich den Typus von Hydrophyten und hydrophilen Pflanzen, indem sie an ihren feuchten Zufluchtsorten bleiben, während die Angiospermen besonders die Laubwälder die trokenen Diluvialebenen, Berge und Hügel besetzen, Tundren- und Steppenflora der Eiszeit verdrängen und den Boden für die Kulturpflanzen vorbereiten.

5. Zusammenfassung.

So zeigt ein Blick auf die Entwicklung der Pflanzenwelt in den verschiedenen Zeitaltern der Erde vor allen Dingen die mächtige Wirkung des Wassergehaltes des Bodens auf die Entstehunng, Entfaltung, Verbreitung verschiedener Pflanzentypen. Die Urzeit mit ihren landlosen Gewässern war das Zeitalter der Algen, die alte Zeit mit ihren seichten Meeren und uferlosen Landstrecken das Zeitalter der Gefässkryptogamen und Steinkohlenwälder, das Mittelalter mit seinen Binnenmeeren, Binnenseen und Inseln, das Zeitalter der Gymnospermen und Braunkohlenwälder, die Neuzeit mit ihren

tiefen Weltmeeren und festen Kontinente, das Zeitalter der Angiospermen.

In der Entwicklung der Erde lässt sich durch alle Phasen eine fortschreitende Differenzierung von Land und Wasser feststellen. Das Land erhob sich, das Wasser vertiefte sich und der Wasserreichtum des Bodens nahm stetig ab. Die Riesenwälder der Gefässkryptogamen und der Gymnospermen verschwanden, weil die Erde trockener wurde.

Gefässkryptogamen und Gymnospermen waren Hydrophyten und hydrophil, welche zu ihrem Gedeihen Wasser, viel Wasser nötig hatten.

Demnach dürften nachfolgende Sätze die paläontologischen Beziehungen zwischen Gymnospermen und Hydrophyten zum Ausdruck bringen:

1. Gymnospermen treten zuerst in der alten Zeit mit und zwischen Gefässkryptogamen, anerkannten Hydrophyten auf, waren also wohl selbst hydrophil.

2. Gymnospermen herrschen in der Flora des Mittelalters vor, zwischen ihnen Gefässkryptogamen reich an Zahl und Geschlechtern, wodurch der Hydrophytencharakter der Gymnospermen aufrecht erhalten erscheint.

3. Gymnospermen bilden das Hauptmaterial der Braunkohlen, lebten somit in Ebenen und Becken, welche leicht Inundationen ausgesetzt waren, was ebenfalls auf ihre Hydrophytennatur hinweist.

4. Gymnospermen haben Bernstein erzeugt, dessen Entstehung und Vorkommen in negativer Richtung auf ihre hydrophile Lebensweise deutet.

5. Gymnospermen nehmen mit fortschreitender Konsolidierung und Austrocknung der Weltteile an Massenhaftigkeit stetig ab, auch ein Beweis für deren Hydrophilie.

6. Gymnospermen bleiben in der Neuzeit in wasserreicheren Gebirgen der gemässigten Zone und Sümpfen der Tropen, dringen nicht in Tundren und Steppen vor, erscheinen somit hydrophil.

7. Alle Vorkommen der Gymnospermen der ältesten, alten und jüngsten Vergangenheit lassen die innigsten Beziehungen mit Hydrophyten erkennen und gestatten daher wohl den Schluss, dass sie selbst Hydrophyten oder mindestens hydrophil waren.