

# Ueber versteinerte Wälder.

Von

DR. ALBERT MADELUNG.

Vortrag, gehalten am 12. December 1864.



Ich habe Ihnen, meine Herren, als den Gegenstand meines heutigen Vortrages die versteinerten Wälder bezeichnet. Ich kann wohl kaum annehmen, dass auch nur der grössere Theil von Ihnen mit der Art geologischer Erscheinungen bekannt ist, welche ich im Sinne habe, und die in der That auch zu den selteneren und verhältnissmässig unbekannteren überhaupt gehört, wohl aber, dass eben wegen dieser Unbekanntschaft Mancher von Ihnen die Behandlung eines andern Gegenstandes von mir erwartet, als der gewählt ist, und ich erlaube mir daher Ihnen, um Sie gleich jetzt diesem Irrthum zu entreissen, einige nähere Erklärungen zu geben.

Als versteinerte Wälder im grossartigsten Maassstabe, in grösster Häufigkeit und durch ihre Anwendung in fast allen Zweigen der Industrie und Gewerbe auch für uns die wichtigsten, kann man nach einer gewissen Auffassung die mächtigen Ablagerungen von fossilen Kohlen in den Schichten der Erde ansehen. Sie stellen ihrer natürlichen Beschaffenheit nach nichts Anderes, als die in einer bestimmten Weise veränderten Ueberreste von untergegangenen oder richtiger vom Meere verschlungenen

und in seinem Schlamme begrabenen Schöpfungen der Pflanzenwelt dar.

Aber eben deshalb, weil die Kohlen nichts Anderes als die Ueberreste einer Pflanzenwelt früherer Perioden der Erdgeschichte sind, weil sie nur einen Theil derselben darstellen, welcher ohne die Pflanzen nicht vorhanden sein könnte, und da die Kohlen somit streng genommen kein Mineral sind, so ist es nach meiner Ansicht nicht völlig gerechtfertigt, die Ablagerungen dieser fossilen Kohlen als versteinerte Wälder zu bezeichnen, und aus diesem Grunde glaubte ich Ihnen gleich jetzt sagen zu müssen, dass ich nicht die verkohlten, sondern die eigentlich versteinerten Wälder Ihnen vorführen werde, welche nicht durch die Ueberbleibsel von Pflanzen, sondern durch Mineralien gebildet werden, die ihrer Substanz nach völlig verschieden, nur Form und Structur den Pflanzen entlehnt haben.

Wer von Ihnen, meine Herren, je schon die Räume des fürstlich Lichtensteinischen Palais auf der Landstrasse betreten hat, welches die grossartigen Sammlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt beherbergt, dem sind unstreitig vier mächtige Steinsäulen in der Vorhalle aufgefallen, welche dem Laien auf den ersten Blick als kaum dahin gehörig erscheinen dürften, die sich aber bei näherer Betrachtung als ein ebenso interessantes geologisches Object ergeben, als es der kolossale Schädel eines Mammuths aus dem Tegel von Nussdorf oder der prachtvoll ge-

zeichnete *Ammonites Metternichii* aus dem rothen Marmor von Hallstatt ist. Diese Steinsäulen sind nichts Anderes, als die Bruchstücke eines einzigen grossen, zu einem Kieselsäuremineral umgewandelten Baumstammes aus dem durch Professor Göppert's klassische Beschreibung berühmt gewordenen versteinerten Walde von Radowenz im nördlichen Böhmen.

Die rauhe Aussenseite und die Höhlungen im Inneren des Stammes sind dicht mit kleinen Kry stallen von Quarz besetzt, welche nicht selten den Raum zwischen zwei Jahresringen erfüllen, welche sich auch sonst durch ihre Färbung und regelmässige Anordnung leicht in der scheinbar homogenen Quarzmasse erkennen lassen, namentlich aber dann, wenn wir ein Stück poliren, oder in durchsichtig geschliffenen Plättchen unter dem Mikroskope betrachten, wobei wir dann alle Zellen, Strahlen und Fasern mit gleicher, ja oft mit grösserer Schärfe erkennen können, als am frischen, unversteinerten Holze.

Eine Reise, welche mich im Sommer dieses Jahres auch an den Südrand des böhmischen Riesengebirges führte, welcher durch die mächtigen Ablagerungen der Formationen der alten Steinkohle und des Rothliegenden gebildet wird, brachte mich so nahe an die Localität des versteinerten Waldes von Radowenz, dass ich es mir nicht versagen konnte, dieselbe zu besuchen.

Erlauben Sie mir jetzt Ihnen die Erfahrungen, welche ich selbst gemacht, und die getreue und um-

fassendere Schilderung Göppert's in Kurzem wiederzugeben, zunächst nur, um Ihnen überhaupt ein Bild dessen zu geben, was man im eigentlichen Sinne mit den Namen der versteinerten Wälder belegt hat.

Wenn wir, um von Wien aus nach Radowenz zu gelangen, auf der Pardubitz-Reichenberger Eisenbahnlinie in Josefstadt den Train besteigen, der uns in Gesellschaft einer langen Reihe von Kohlenwagen nach dem durch seine Kohlenbergwerke bekannten Orte Schwadowitz führt, so sind wir beim Aussteigen an diesem Orte kaum mehr als eine halbe Stunde Wegs von dem versteinerten Walde entfernt. Es kostet uns nur den etwas beschwerlichen Marsch auf die Höhe des Bergzuges, an welchem unaufhörlich neben unserm Wege die Kohlenwagen auf einem mehrere tausend Klafter langen Bremsberge auf und niederrollen, um uns, kaum oben angelangt, schon auf den ersten Trümmern versteinerten Holzes ausruhen und uns an der herrlichen Aussicht weiden zu können. Der Berg Rücken, welchen wir soeben erstiegen haben, zieht sich nach Westen und Osten noch mehrere Stunden weit hin, auf seiner Spitze zu einem sanft nach Norden abfallenden Plateau von einigen hundert Klafter in der Breite ausgedehnt, welches allmählig in den steileren Abhang übergeht, an dessen Fuss der Ort Radowenz liegt. Auf dem ganzen Wege von der südlichen Kammhöhe des Bergrückens bis Radowenz verlassen uns die Bruchstücke versteinerten Holzes nicht einen Augenblick. Bald sind es kaum zolllange schmale

Splitter, gleich abgehauenen Spänen, bald wieder 6 bis 8' lange Stücke von Stämmen mit 1—3' Durchmesser, mit Astansätzen und zuweilen noch mit Resten der Rinde. So liegen sie einzeln verstreut, aber stets und überall sichtbar umher, in den Wasser-rissen und in den Betten der Quellen zuweilen zahlreich angehäuft. Wendet man sich, in Radowenz angelangt, nach Südost nach den sogenannten Brandhäusern und steigt die vorliegende Bergwand hinan, so kömmt man bei den Brandhäusern selbst an eine Waldblösse, wo Stamm an Stamm liegt und am höchsten Gipfel des Bergzuges dem Slatinaer Oberberge auf dem Raum von kaum 3 Joch Landes von Göppert ihre Menge auf 30.000 Centner Gewicht geschätzt wurde. Hier finden sich die schönsten und grössten Exemplare versteinerner Stämme, bis zu einer Länge von 18 Fuss und einem Durchmesser von 4 Fuss in solcher Menge, dass man alle Museen der Welt mit Prachtstücken versehen könnte. Hier ist aber auch der Punkt, welcher den dichtesten Urwald unseres versteinerten Waldes bezeichnet, d. h. es findet sich hier die grösste Anhäufung verkieselten Holzes vor, denn als etwas Anderes stellt sich die dem etwas euphemistisch gewählten Namen des versteinerten Waldes zu Grunde liegende Erscheinung nicht dar. Wer Radowenz besucht und etwa aufrecht stehende Bäume mit Aesten und Wurzeln, oder doch wenigstens mehr als verhältnissmässig kleine Bruchstücke von Stämmen und Aesten zu finden hofft,

der wird sich etwas enttäuscht finden. Allerdings führt Herr Professor Göppert an, dass ein sehr bedeutender Theil des umherliegenden verkieselten Holzes nicht Stämme, sondern stärkere Verzweigungen derselben seien, dass man sie zuweilen noch in festen Gesteinen sitzen und aus diesen hervorragen sähe, und dass somit wohl noch ein grosser Theil im Gestein verborgen und möglicher Weise noch mit Aesten und Wurzeln versehen in unveränderter Lage wie einst im Leben aufrecht da stehe. Wären Steinbrüche vorhanden, so würde man dies leicht feststellen können; doch fehlen diese gänzlich und mithin bis jetzt auch strenggenommen die Berechtigung für den gewählten Namen. Dass indessen dieser Name nicht völlig in der Luft schwebt, beweist einestheils die ebenangeführte Beobachtung Professor Göppert's und anderseits der Umstand, dass die Stücke der verkieselten Holzstämme und Aeste nicht im mindesten die Spuren einer Rollung oder einer sonstigen mechanischen Zerstörung an ihrer Aussen-  
seite zeigen, woraus wir wohl den Schluss ziehen dürfen, dass sie sich noch am Orte ihres Wachstums vorfinden.

Nach Professor Göppert's Untersuchungen gehört sämtliches versteinerte Holz des Radowenzer Waldes den Nadelhölzern, und meist dem Genus *Araucarites* an, welches noch jetzt in kolossalen Bäumen auf der südlichen Halbkugel angetroffen wird, und nur zum kleineren Theile jenen ungeheuren baumartigen

Farren und Schachtelhalmen, wie wir sie in den Kohlenlagern vorfinden.

Die Schichten und Gesteine, in welchen unsere verkieselten Wälder eingebettet lagen und aus denen sie erst im Laufe der Zeit ausgewaschen worden sind, gehören theils zu der im nördlichen Böhmen nur wenig verbreiteten Steinkohlenformation, theils zum Rothliegenden, welche beide während der Zeit der paläozoischen Periode abgelagert wurden. Fassen wir ganz allgemein alle Ablagerungen fossilen Holzes am Südrande des Riesengebirges in beiden eben genannten Formationen zusammen in dem Namen der versteinerten Wälder von Radowenz, so besitzen dieselben nach Göppert eine Gesamtausdehnung von ungefähr 10 Meilen Länge und  $\frac{1}{2}$  — 3 Meilen Breite. Sie nehmen mit mehr weniger grossen Unterbrechungen die ganze Strecke zwischen Rohnow und Semil ein und zwar so, dass die östliche Hälfte dieses Terrains der Kohlenformation, die westliche dem Rothliegenden angehört.

Innerhalb dieses Letzteren sind namentlich einige der ausgezeichnetsten Punkte der von Paka und Petzka südlich von der Eisenbahnstation Falgendorf gelegen, von wo auch jenes grosse Prachtexemplar der k. k. geologischen Reichsanstalt stammt. Ein Analogon zu diesem Vorkommen innerhalb der Formation des Rothliegenden, wenn auch nicht in solcher Grossartigkeit, trifft man an dem Berg Rücken des Kiffhäuser südlich vom Harzgebirge wieder, wo sich

sehr schöne und grosse verkieselte Baumstämme vorfinden. In Nordhausen bestehen die Stufen einer Treppe im dem Rathhause aus fossilen Baumstämmen, welche sämmtlich vom Kiffhäuser stammen.

Neben den verkieselten Nadelhölzern, den Araukarien, von welchen wir bisher allein geredet haben, finst sich am Südrande des Riesengebirges im östlichen Theile unseres Gebietes noch einige andere höchst interessante versteinerte Pflanzengattungen in einzelnen Exemplaren, welche auch an anderen Orten, wie namentlich bei Chemnitz in Sachsen, die Formation des Rothliegenden charakterisiren. Es sind dies die sogenannten Staarsteine oder Psarolithen und die Calamiteen, Erstere den baumartigen Farren, Letztere den ebenfalls riesigen baumartigen Schilfgewächsen angehörig.

Innerhalb der Grenzen der österreichischen Monarchie sind noch mannigfach an anderen Orten auch in anderen jüngeren Formationen verkieselte Hölzer gefunden worden, nirgends aber in solcher Menge, dass auch eine schon lebhaftere Phantasie sich einen versteinerten Wald daraus bilden könnte. Von hervorragenderem Interesse sind namentlich die durch ihre vortreffliche Erhaltung ausgezeichneten Holzopale aus der Gegend von Tokay und Kaschau in Ungarn, von Meronitz, Kutschlin und Schichow bei Bilin in Böhmen, welche zwar unter verschiedenen Verhältnissen, aber sämmtlich innerhalb der Tertiärformation auftreten.

Es war wohl in doppelter Weise gerechtfertigt, wenn ich Ihnen, meine Herren, zuerst nur den versteinerten Wald von Radowenz und seine Ausläufer nach Westen etwas eingehender schilderte, denn er ist erstlich auf österreichischem Gebiete gelegen, eines der vielen Naturwunder Ihres Vaterlandes, und bietet uns zweitens ein Beispiel dieser Erscheinung überhaupt, welches auf der ganzen Erde seines Gleichen sucht. Ich kann unmöglich Ihnen hier in gleicher Weise alle die anderen versteinerten Wälder und kleineren Lager verkieselten Holzes aufzählen und schildern, welche die geologischen Forschungen jetzt nahezu in allen Erdtheilen nachgewiesen haben. Ich muss mich auf die Anführung einiger der bedeutendsten beschränken, welche gleich dem von Radowenz einen Weltruf erlangt haben. Unter diesen nimmt wohl unstreitig der versteinerte Wald von Cairo die erste Stelle ein, von welchem aus, lange vor der Auffindung der vorher besprochenen Localität in Böhmen, schon alle Sammlungen mit verkieseltem Holz versehen worden sind.

Zu welcher Zeit der versteinerte Wald von Cairo zuerst entdeckt worden ist, habe ich nicht ermitteln können, doch ist es wohl kaum zweifelhaft, dass er den schon im grauesten Alterthum so hoch cultivirten Aegyptern bekannt war, da die ganze über eine grosse Fläche ausgedehnte Ablagerung verkieselten Holzes nur wenige Meilen östlich von Cairo gelegen ist. Die letzte und ausführlichste Beschreibung mit

wissenschaftlichen Untersuchungen über die Natur der Hölzer und die Art ihrer Ablagerung verdanken wir Herrn Professor Franz Unger und nach ihr werde ich versuchen Ihnen, meine Herren, ein flüchtiges Bild zu geben.

Wenn man Cairo in der Richtung nach Ost verlässt, stösst man schon nach etwa einer Meile Wegs in der angrenzenden Wüste auf einzelne Stücke verkieselten Holzes, welche anfangs kaum faustgross, nach und nach grösser werden, bis man endlich Stücke von mehreren Fuss Länge und beträchtlicher Dicke findet, welche bald die ganze Oberfläche bedecken und somit den eigentlichen versteinerten Wald bilden.

Nach der Ansicht Professor Unger's gehörten sämtliche fossile Baumstämme dieser Localität ursprünglich einem tertiären Sandsteine an, in welchem sie sich an manchen Stellen noch eingebacken vorfinden, und zwar derart, dass sie sich hier nicht mehr an dem Orte ihres ursprünglichen Wachstums befinden, sondern erst angeschwemmt, von einem sandigen Schlamm begraben und überdeckt und mit diesem zugleich von kieselerdereichen Gewässern durchdrungen und versteinert wurden. Welcher Gattung die Bäume selbst, welche fast sämtlich ein und derselben Art angehören, zuzurechnen seien, lässt Unger unentschieden, da es ihm nicht einmal gelang, die Familienähnlichkeit festzustellen.

Eine merkwürdige Eigenschaft des fossilen Holzes von Cairo möchte ich Ihnen noch anführen, welche

allerdings weder in der Natur desselben, noch in der des Versteinerungsprocesses begründet ist, die aber von einem anderen interessanten Factum Zeugniß giebt, welches mit dem Lagerplatze und seinen Eigenthümlichkeiten zusammenhängt.

Sämmtliche Holzstücke, mögen dieselben nun Baumstämme von mehreren Klafter Länge oder kleine Stücke von solchen sein, sind auf ihrer ganzen Oberfläche glatt, wie polirt, und wie mit einem Firniß überzogen, so dass sie ganz wie Opal oder Jaspis aussehen. Schlägt man sich einen frischen Bruch, so ist dessen Fläche matt und splitterig, nicht aber wie bei jenen Mineralien glatt und glänzend. Da nun aber auch alle älteren Bruchflächen glatt sind, so muss eine äussere Ursache für diese Erscheinung gesucht werden, welche offenbar noch jetzt wirkt. Diese ist weder Wasser, noch ein Umherrollen der Stücke selbst, sondern der feine Wüstensand, welcher von den Stürmen erfasst, über weite Strecken hingeführt wird, und so als stets wirkendes Polirmittel die unebenen Flächen ebenso glatt und glänzend macht, wie die Bäche und Flüsse die Kiesel an ihrem Grunde durch Hin- und Herrollen abschleifen.

Von Ablagerungen versteinerten Holzes, welche gross genug sind, um ihnen wenigstens mit einigem Rechte den Namen von versteinerten Wäldern beilegen zu können, sind noch ausser mehreren anderen Punkten der syrischen und ägyptischen Wüste, namentlich die Umgebung von Pondichery in Vorderindien,

dann die Insel Java, Antigua, die Kergueleninsel und Vandiemensland zu erwähnen, sowie mehrere erst in neuerer Zeit entdeckte, der Beschreibung nach sehr interessante Funde im Inneren von Afrika und in Australien.

Nach der Schilderung des Capitän James Ross unterscheidet sich der versteinerte Wald von Vandiemensland durch die Art seines Vorkommens von allen übrigen dadurch, dass die verkieselten, in Opal umgewandelten, Baumstämme in eine Lava, also ein feuerflüssiges Gestein eingeschlossen sind, und sich noch in ihrer ursprünglichen aufrechten Stellung befinden, ohne dass sie indessen mehr als Theile ihres Stammes bewahrt haben, indem nach Ross die Aeste und Zweige wohl verbrannt sind.

Der berühmte englische Reisende Livingstone hat im Inneren von Afrika an einem Nebenflusse des Zambesi am Fusse einer Hügelreihe einen Wald grosser versteinerter Bäume, von gleicher Art wie die bei Radowenz gefunden, welche bei Erhebung der Hügel umgestürzt und nach dem Flusse zu gefallen erschienen.

Einer der interessantesten und neuesten Funde dieser Art wurde zu Anfang dieses Jahres in Nord-Queensland in Australien von einem englischen Reisenden Le Gould gemacht. Derselbe macht folgende Beschreibung davon: der versteinerte Wald befindet sich ungefähr 2 Tagereisen oberhalb des Einflusses des Isaak, eines Nebenflusses vom Makenzie, und be-

sitzt nach einer ungefähren Schätzung eine Ausdehnung von 60 englischen Meilen. Le Gould fand darin Bäume von 50—60 Fuss Länge, und 12—20 Zoll Stammdicke, deren Aeste und Zweige völlig erkennbar in der Schiefer- und Sandsteinformation des Districtes eingebettet liegen. Obschon die fossilen Bäume vollständig verkieselt sind, sollen sie doch stets ihr ursprüngliches Aussehen bewahrt haben, mit Ausnahme einiger wenigen, welche platt gedrückt sind, wahrscheinlich in Folge des Druckes, dem sie ausgesetzt waren.

Darf man dieser jedenfalls noch ziemlich ungenauen Beschreibung trauen, so ist hier das erste Beispiel eines wirklichen versteinerten Waldes gegeben, in dem nicht bloß Theile, sondern ganze Bäume in versteinertem Zustande erhalten sind, und zwar nicht nur einzelne Exemplare, sondern ein wirklicher Wald von grosser Ausdehnung und in seiner ursprünglichen Stellung.

---

Wir haben bisher, meine Herren, an einigen Beispielen die versteinerten Wälder nach ihrem geologischen Auftreten, nach ihrer äusseren Gestaltung und ihren Lagerungsverhältnissen betrachtet, wir haben gesehen, dass sie die Ueberreste wirklicher einstiger Wälder sind, welche durch einen eigenthümlichen mineralogisch-chemischen Process mit Beibehaltung ihrer äusseren Form und inneren Structur

in den Zustand der Versteinerung übergeführt worden sind.

Lassen sie uns nun, meine Herren, diese letzteren Verhältnisse, oder mit anderen Worten, die Frage: Wie entstanden die versteinerten Wälder? etwas näher ins Auge fassen.

Zu diesem Zwecke müssen wir etwas weiter ausholen und zunächst einen Blick auf den Versteinerungsprocess im Allgemeinen und die an Pflanzen auftretenden Versteinerungen werfen.

Wir kennen in dem Reiche der unorganischen Schöpfung, im Mineralreiche, Körper, welche eine andere Form besitzen, als die ist, welche ihnen nach ihrer chemischen Zusammensetzung zukommt, und welche sie sich auf einem anderen Wege, als dem der Krystallisation angeeignet haben. Wir nennen solche Vorkommnisse Pseudomorphosen, oder wörtlich ins Deutsche übertragen, Truggestalten. Solche Pseudomorphosen oder Truggestalten sind aber auch sämtliche Versteinerungen, sowohl die aus dem Thierreiche, wie die aus dem Pflanzenreiche stammenden, denn sie sind ihrer Form nach andere Körper, als sie es ihren übrigen inneren wie äusseren Eigenschaften nach sind.

Auch die chemischen Prozesse, welche diese Veränderungen an organischen Wesen oder wenigstens an Theilen von solchen hervorgebracht haben, haben mit denen, welche im Mineralreiche in ähnlicher Weise wirken, so viel Aehnlichkeit, dass wir genöthigt

sind, um uns ein klares Bild von den Vorgängen, welche im Mineralreiche pseudomorphosirend wirken, die Beobachtungen an den Versteinerungen zu Hülfe zu nehmen und umgekehrt um den Versteinerungsprocess zu erklären, die Pseudomorphosen des Mineralreichs zu studiren.

Versteinerungen sind Reste von Thieren oder Pflanzen, welche von mineralischen Verbindungen mehr oder weniger durchdrungen und in solcher Weise mehr oder weniger verändert erscheinen. Zuweilen ist jede Spur von organischer Substanz verschwunden, zuweilen noch eine Art Skelet der organischen Structur vorhanden, das entweder überzogen oder ausgefüllt von dem Minerale erscheint.

Die mineralische Substanz, welche die Versteinerung selbst bewirkt hat, kann nun entweder, wie z. B. der kohlensaure Kalk mit der Substanz des versteinerten Körpers in einem chemischen Zusammenhange stehen, oder sie kann ihr gänzlich fremd sein, und wir erhalten somit analog den Umwandlungs- und Verdrängungspseudomorphosen im Mineralreich zwei Gruppen von Versteinerungen, nämlich Umwandlungs- und Verdrängungsversteinerungen. Alle die Muschelschalen, Korallen etc., welche wir in den Schichten der Erde versteinert vorfinden, gehören zu den Ersteren, denn sie bestanden schon als das Thier, welches sie bewohnte, noch lebte, zum grösseren Theile aus kohlensaurem Kalk, während z. B. die verkieselten Hölzer zu den Verdrängungspetrefacten

gehören, denn der geringe Kieselsäuregehalt, welchen sie im frischen Zustande besitzen, ist viel zu unbedeutend, um auf den Versteinerungsprocess einwirken zu können.

Von den 24 verschiedenen Mineralien, welche Blum als Versteinerungsmittel organischer Reste anführt, sind bis jetzt 16 an Pflanzen beobachtet worden, wenn wir den grossartigsten, aber, wie ich früher schon sagte, nur uneigentlich als Versteinerungsprocess betrachteten Vorgang der Stein- und Braunkohlenbildung ausser Acht lassen. Von diesen 16 Mineralverbindungen sind 8 solche, in denen schwere Metalle enthalten sind, namentlich Eisen, Kupfer, Blei und Quecksilber, die anderen 8 sind erdige Mineralien.

Die durch metallische Verbindungen versteinerten Pflanzentheile sind verhältnissmässig nur selten holzige Bestandtheile, meist Blätter, Blüten oder Früchte. Die Mineralien, welche sich in ihren Formen wieder finden, sind Eisenkies, Brauneisenstein, Thoneisenstein und Eisenglanz, ferner Kupferkies, Kupferglanz, Bleiglantz und Zinnober. Die Erklärung dieser Art von Versteinerungen unterliegt keinen bedeutenden Schwierigkeiten, weil hier die Pflanzenstoffe selbst mitwirken und den Process zum Theile sogar hervorrufen.

Die wichtigsten chemischen Prozesse, welche im Mineralreiche wirken, sind der Oxydationsprocess, der Reductionsprocess und der Carbonatbildungsprocess und von diesen treten die beiden ersteren wiederum ganz vorwaltend da auf, wo Verbindungen von schweren

Metallen vorhanden sind. Wenn wir zu irgend einem Metallsalze organische Substanzen geben, so wird jenes im Laufe der Zeit reducirt, d. h. den Sauerstoffverbindungen wird der Sauerstoff entzogen. Es wird z. B. schwefelsaures Eisenoxydul zu Schwefel-eisen oder Eisenkies, schwefelsaures Kupferoxyd zu Schwefelkupfer oder Kupferglanz. Dass dann nach erfolgter Reduction, wenn kein reducirender Stoff mehr vorhanden ist, unter besonderen Umständen auch wieder eine Oxydation eintreten kann, versteht sich von selbst, da das in dem ewigen Kreislaufe der Stoffe in der organischen wie anorganischen Natur begründet ist, welche uns Beispiele genug davon liefert; doch ist das eigentlich schon eine secundäre Erscheinung und gehört streng genommen nicht mehr hieher.

Diese Art der Versteinerungen findet sich nun fast blos an solchen Orten in den Schichten der Erde, wo sich Eisen-, Kupfer- etc. Verbindungen in grösserer Menge als Erze vorfinden, und wo wir demnach mit Recht in den Gewässern, welche ja überall in der Erde circuliren, einen Gehalt an löslichen Salzen dieser Metalle vermuthen können. Ebenso aber wie ein Holzstück, welches wir ins Wasser werfen, sich nach und nach mit diesem vollsaugt, so dass es nicht einmal mehr schwimmt, eben so wird es auch in den Lösungen solcher Metallsalze vollständig durchdrungen werden, es wird diese, wenn es allmählig in Fäulniss übergeht, reduciren und fällen, jedes ge-

fällte Theilchen der neuen Verbindung wird sich den Formen des Holzes anschmiegen, die verschwindenden Theile ersetzen, und wir werden so im Laufe der Zeit, zwar noch die Form des betreffenden Pflanzentheiles, aber nicht mehr die Substanz desselben, sondern eine neue Verbindung ganz heterogener Natur vor uns haben, welche im günstigen Falle sogar auch seine innere Structur, seine Fasern und Zellen erkennen lässt. Solche Vorgänge der Umwandlung von Holztheilen, z. B. in eine Eisenverbindung, den Brauneisenstein, können wir fast stets unter unsern Augen vor sich gehen sehen. Vor etwa 50 Jahren wurde in meiner Vaterstadt Gotha eine Fassdaube aus einem alten Schlossbrunnen gezogen, in welchem sie, wie nachgewiesen ist, mindestens 220 Jahre gelegen war. Ueberall da, wo die ganz oxydirten eisernen Reifen gelegen waren, war die Substanz des Holzes mit Eisenoxydhydrat derart imprägnirt, dass sie sich mit Leichtigkeit polieren liess. Aehnliches in kleinerem Maassstabe zeigt uns jedes mit Nägeln befestigte Brett, wenn es lange Zeit der Witterung ausgesetzt war. Die Nägel sind verrostet und der Rost, das Eisenoxydhydrat, hat die Gefässe des Holzes durchdrungen und sie versteinert.

Göppert hat, um zu beweisen, dass die Vererzung von Pflanzensubstanz hauptsächlich auf einer vollständigen Durchdringung der Letzteren mit der Lösung eines Salzes, aus welchem die betreffende Verbindung entstehen kann, künstlich Versuche ge-

macht, welche vollkommen gelangen. Er legte Pflanzentheile Wochen oder Monate lang in irgend eine Metallsalzlösung, z. B. Eisenvitriol, bis dieses Letztere an der Aussenseite des Pflanzentheils auszukrystallisiren begann, und glühte dann diesen Letzteren so lange bis Alles organische darin zerstört war, und erhielt nun eine lockere, die Form des Pflanzentheiles völlig genau darstellende Masse von Brauneisenstein etc.

In der Hauptsache ganz in der nämlichen Weise, wie die Vererzung, geht aber auch die eigentliche Versteinerung von Pflanzentheilen vor sich. Diejenigen erdigen Mineralien, welche in dieser Weise vorkommen, sind nach den bisherigen Beobachtungen, Barytspath, Gyps, kohlensaurer Kalk, Talk, Chlorit, Flussspath, und namentlich die verschiedenen Quarzvarietäten.

Alle genannten Mineralien, mit Ausnahme von kohlensaurem Kalk und den Quarzvarietäten, sind nur sehr selten als Versteinerungsmittel von Pflanzen angetroffen worden, und ich übergehe sie daher, um nur bei den beiden Letzteren etwas eingehender zu verweilen, welche wegen ihrer Häufigkeit und der fast stets ausgezeichneten Erhaltung der Pflanzenstructur ohnehin ein erhöhteres Interesse in Anspruch nehmen.

Beide, sowohl die Verkalkungen als die Verkie selungen von Holz finden sich fast gleich häufig, und in den verschiedensten geologischen Formationen, wenn auch die ersteren niemals in so grosser Menge an

einem Orte angehäuft sein dürften, als die Letzteren es meist sind.

Für unsere Betrachtung über den Vorgang des Versteinerungsprocesses sind, wie früher jener Fall einer Vererzung durch Brauneisenstein in historischer Zeit, auch mehrere Fälle von Verkalkung in gleicher Zeit zu erwähnen, und ich schicke ihre Schilderung wohl passend gleich jetzt voraus. Die Daten darüber sind Göppert's interessanten Publicationen entnommen.

In Gera wurden in einem Bache Stücke eines Eichenstammes gefunden, welche beim Zersägen durch ihre Härte und Festigkeit auffielen, obgleich sie unzweifelhaft schon lange an diesem Orte der Witterung ausgesetzt gelegen waren. Bei genauerer Untersuchung des scheinbar ganz gesunden Holzes fand sich nun, dass sämtliche Gefässe und Zellen mit Ausnahme weniger Markstrahlen durch kohlen sauren Kalk ausgefüllt waren, nach dessen Auslösen mit Säuren, die durch den kohlen sauren Kalk vorher vollständig fest verbundenen Holzfasern nun im lockeren Zusammenhange zum Vorscheine kamen.

Noch interessanter ist die Verkalkung, welche an einer alten römischen Wasserleitungsröhre im Bückeburgischen beobachtet worden ist. Hier hat sich die Versteinerung auf einzelne der Länge nach durch das Holz sich erstreckende cylinderförmige Partien beschränkt, obgleich an den benachbarten Holztheilen weder eine Fäulniss, noch Sprünge oder sonstige Oeffnungen bemerkbar sind, welche etwa auf ein

locales Eindringen von kalkhaltigen Gewässern schliessen lassen könnten. Unter dem Mikroskope und nach der Behandlung mit Säuren tritt die deutliche Holzstructur und die Holzsubstanz im vollkommensten Zusammenhang hervor.

Als Göppert nach diesen Entdeckungen nun auch eine Reihe von verkalkten Holzstämmen aus älteren geologischen Formationen in gleicher Weise untersuchte, und auch mit Säuren den Kalk entfernte, zeigte sich stets noch ein mehr oder weniger vollständiges Gerippe von Holzfasern darin erhalten.

Noch ein Fall einer Verkalkung von Holz und wie es scheint sogar noch bei Lebzeiten des Baumes und durch dessen eigenen Ernährungsprocess bedingt, wird angeführt und ich erwähne ihn hier wenigstens beiläufig, ohne indessen seine Glaubwürdigkeit verbürgen zu wollen, da seiner nur in einer alten Reisebeschreibung des vorigen Jahrhunderts gedacht wird, sonst aber nirgends dieses Factums Erwähnung geschieht.

In Nürnberg soll nämlich noch im Jahre 1730 im Hofe eines Hauses der Stamm eines Baumes mehrere Fuss aus dem Boden emporgeragt haben, dessen Poren stellenweise so mit einer krystallinischen Materie (Kalkspath) durchdrungen waren, dass man Ringsteine daraus geschliffen habe. Da der Baum noch vollkommen mit den Wurzeln in der Erde steckte, so vermuthete man, dass eine kalk-

haltige Quelle seinen Wurzeln diese versteinernde Nahrung zugeführt habe.

Wenn wir in dem Vorigen von einer häufig noch guten Erhaltung der Pflanzentextur in den Versteinerungen geredet haben, welche von metallischen und erdigen Mineralverbindungen gebildet werden, so stehen diese doch Alle noch weit hinter denjenigen zurück, welche wir als die Bestandtheile der versteinerten Wälder kennen gelernt haben, nämlich den Verkieselungen von Pflanzentheilen. Die Kieselsäure ist das vollkommenste Versteinerungsmittel, sie bewahrt am besten die anatomische Structur des Holzes, die Zusammensetzung aus Jahresringen, Zellen und Gefäßen, ja sie lässt dieselbe oft besser und deutlicher erkennen, als an der lebenden Pflanze.

In den meisten Fällen enthalten die verkieselten Pflanzen, ganz so wie die kalkigen Versteinerungen, noch Theile der Holzfaser eingeschlossen, welche durch Behandlung mit Flusssäure bloss gelegt werden können. Diesem Gehalte an organischer Substanz, welche in Folge der langen Dauer des Verkieselungsprocesses nach Göppert's Untersuchungen meist braunkohlenartig geworden ist, haben auch die verkieselten Hölzer die dunkle Färbung zu verdanken, welche namentlich die aus der paläozoischen Zeit besitzen.

Je lichter die Farbe ist, wie z. B. bei den Holzopalen aus der Gegend von Tokai, bei den verkieselten Hölzern von Vandiemensland u. A. m., um so weniger organische Substanz schliesst der Holzstein

ein, und bei ganz weissen ungarischen Holzopalen ist dieselbe spurlos verschwunden.

Welches sind aber nun die Bedingungen, welches die Prozesse, denen diese Versteinerungen ihr Dasein verdanken?

Wie ich bereits oben bei der Betrachtung der Vererzung pflanzlicher Körper erwähnt und gezeigt habe, beruht der Versteinerungsprocess ganz im Allgemeinen auf einer Durchdringung des Pflanzenkörpers mit einer Flüssigkeit, welche ein Salz in Auflösung enthält, aus dem das Mineral durch irgend einen chemischen Process sich ausscheiden kann. Diese Lösung selbst muss nun eine im Verhältniss zur Löslichkeit des Salzes sehr verdünnte sein.

Concentrirte oder wenigstens nur mässig verdünnte Lösungen von Salzen können keine eigentlichen Versteinerungen bilden, bei ihnen werden die aufgelösten Theile viel zu schnell und in viel zu grosser Menge ausgefällt werden, um sich so dem Innern aller einzelnen Theile eines Pflanzenkörpers mittheilen zu können, wie es die vollständige Erhaltung der Structur der Letzteren, z. B. in den Kieselhölzern nothwendig voraussetzt. Dass es nicht die Masse ist, welche in der Natur die grossartigsten Umwandlungen hervorrufft, sondern dass es vielmehr der beständig aber nur langsam und in kaum bemerkbarer Weise wirkende Einfluss geringer Mengen ist, das tritt uns häufig genug im klaren deutlichen Bilde entgegen.

Während z. B. der Karlsbader Sprudel und mit ihm noch viele andere heisse und kalte Quellen reich mit kohlensaurem Kalk beladen aus der Erde emporquellen und schon in Verlaufe weniger Tage einen vollständigen Ueberzug dieses Minerals über organische Körper bilden, welche man in ihr Wasser eintaucht, so bilden sie doch keine Versteinerung, sondern nur eine Incrustation, welche auch bei langer Dauer nicht anders wirkt, denn man findet stets beim Zerbrechen der Kruste den organischen Körper unversehrt, bis auf etwaige Austrocknung, darin erhalten, ohne an ihm auch nur eine Spur einer im Innern vor sich gegangenen wirklichen Versteinerung zu bemerken.

Auch die Kieselerde, obgleich stets nur in viel geringeren Mengen als der Kalk in Auflösung enthalten, findet sich doch auch zuweilen in solcher Menge in heissen Quellen, wie in dem Geisir auf Island, dass sie sofort nach ihrem Austreten an der Luft ausfällt und sich absetzt. Stets entstehen dann aber nicht Kieselversteinerungen, sondern nur Incrustationen.

Dagegen haben wir vorher an jener alten römischen Wasserleitungsröhre gesehen, dass ohne jede Spur von Incrustation, welche auf ein an Kalk reiches Wasser hindeuten würde, bloss in Folge eines lange Zeit wirkenden Einflusses eine wirkliche Verkalkung des Holzes stattgefunden hatte, und wenn wir der bekannten Erzählung von der Brücke bei Belgrad, trauen dürfen, welche Trajan im Jahre 104 unserer

Zeitrechnung über die Donau schlagen liess und deren Pfähle im Jahre 1760 beim Herausnehmen  $\frac{1}{2}$  Zoll weit von Aussen nach Innen zu verkieselt gefunden worden sein sollen, so haben wir auch ein Beispiel einer nur durch lang andauernde Einwirkung einer sehr verdünnten Lösung entstandenen Verkieselung von Holz.

Nach alledem tritt uns als die Hauptbedingung für die Möglichkeit einer wirklichen Versteinerung zunächst das Vorhandensein einer verdünnten Lösung des betreffenden Mineralsalzes, dann eine lange und gleichmässig andauernde Einwirkung derselben auf den organischen Körper entgegen, in deren Gefolge dann die vollständige Durchdringung dieses Letzteren mit der Lösung und deren Circulation im Innern von selbst vor sich geht.

Der weitere Fortschritt zur eigentlichen Versteinerung ist nun nach der Natur des aufgelösten Mineralsalzes ein verschiedener. Bei der Vererzung der Hölzer und anderer Pflanzentheile haben wir oben gesehen, sind es hauptsächlich die chemischen Vorgänge der Reduction oder Oxydation, welche wirkend auftreten. Wenn aber eines der ohnedies oxydirten und nur so auch in Lösungen existirenden erdigen Mineralien als Versteinerungsmittel gedient hat, so müssen wir nothwendig nach einer anderen Erklärung des Processes suchen.

Statt aller anderen Versuche einer solchen will ich Ihnen nur den von Göppert vorgeschlagenen auführen.

Gustav Bischof spricht die auf Versuche gegründete Ansicht aus, dass die Kieselsäure durch organische Stoffe aus ihrer Lösung in Wasser ausgefällt werde, eben so erklärt sich für diese Ansicht auch der englische Chemiker Cannell. Es mag dies auf der physikalischen Erscheinung der Flächenanziehung beruhen, welche schon beim Holze, stärker aber bei allen kohligten Theilen hervortritt, indem die in Lösung befindliche Kieselsäure von der umgebenden Pflanzensubstanz angezogen und niedergeschlagen wird. Was aber von der Kieselsäure gilt, ist auch für die anderen erdigen Mineralien gültig. Auf diese Weise wurde allmählig bei der fortwährenden Circulation der nur sehr geringe Mengen der betreffenden Mineralverbindung enthaltenden Flüssigkeit rings an den Wänden einer jeden Pflanzenzelle eine äusserst dünne Rinde von Stein gebildet, welche deren Form genau nachahmte, und im Laufe der Zeit einen vollständigen soliden Abguss davon bildete. Die Substanz der Zelle selbst unterlag natürlich währenddem dem zerstörenden Prozesse der Verwesung, und hinterliess nach deren Vollendung einen ihrer Form und Grösse entsprechenden Hohlraum, welcher dann ebenso wie vorher das Innere der Zellen selbst mit der Mineralsubstanz ausgefüllt wurde, und so ein solides Ganze bildete.

Dass diese Vorstellung des Versteinerungsprocesses des Holzes sehr viel für sich Sprechendes hat, geht aus der mikroskopischen Untersuchung einzelner mit sehr grossen Zellgefässen versehener verkieselter Pflanzen, wie namentlich der Psarolithen hervor, an welchen man nach Göppert, ganz so wie in den bekannten Achat- und Chalcedonkugeln in Grossen, concentrisch schalige Ablagerungen der kieseligen Substanz wahrnehmen kann, welche von einem Punkte ausgehend den kleinen Zellenraum allmählig von Aussen nach Innen zu ausfüllten.

So einfach auch dieser Process der Versteinerung von Pflanzen erscheint und so leicht man seine Wirkung sich im Allgemeinen auch vorstellen kann, so gehören doch offenbar noch besonders günstige Verhältnisse dazu, um ihn hervorzurufen. Die Bedingungen hiezu sind unzweifelhaft in der Gegenwart eben so gut gegeben, als sie es zu irgend einer früheren Zeit unserer Erdgeschichte waren, und doch finden sich so äusserst selten jetzt vor unseren Augen entstehende oder auch nur nachweislich in historischer Zeit entstandene Versteinerungen von Holz vor, und auch die wenigen derartigen vorhandenen Beispiele sind unter Verhältnissen beobachtet worden, welche einen Aufschluss nicht zu geben vermochten.

Höchst wahrscheinlich gehört zu den Bedingungen, welche neben den geeigneten chemischen Vorgängen eine vollständige Versteinerung des Holzes bewirken, auch ein höherer Druck, welcher die Circulation der

Gewässer in den Gefässen des Letzteren beschleunigt, und der auch bei einer etwaigen Senkung des Bodens und der Verschüttung der Bäume in Sand und Schlamm, wie wir sie an den sogenannten untermeerischen Wäldern der Ostküste von England, der Nordküsten von Deutschland und anderen Orten kennen, leicht gedacht werden kann.

Wenn wir uns ferner in das Gedächtniss zurückrufen, dass zu allen Zeiten der bei weitem grösste Theil der vorhandenen Pflanzen und Bäume dem Prozesse der Steinkohlenbildung zugeführt worden ist, und dass alle in anderer Weise versteinerten Hölzer ein Minimum des gesammten Pflanzenquantums ausmachen, so kann uns auch die so seltene Entstehung der Letzteren in der Gegenwart kaum mehr Wunder nehmen.

---