

# **Untersuchungen**

über den

## **Versteinerungsprocess und Erhaltungszustand pflanzlicher Membranen.**

Von

**J. Felix**

in Leipzig.

---

Sonderabdruck aus der Zeitschrift der Deutschen geologischen  
Gesellschaft, Jahrgang 1897, Heft 1.

---

Die bisherigen Schilderungen des Versteinerungsprocesses pflanzlicher Gewebe beschäftigen sich besonders mit der chemischen Seite dieses Vorganges. Man weiss, dass dieser darin besteht, dass die Membranen gewisse Bestandtheile verlieren, ihnen aber andere, meist fremde, chemisch gelöste, mineralische Stoffe zugeführt werden, welche letztere sich dann in ihnen ablagern und so den betreffenden organischen Ueberrest schliesslich event. vollständig in Stein verwandeln. Ausser der chemischen Zusammensetzung sind namentlich auch in vielen Fällen die Aggregationsformen der versteinernenden Materie in den Hohlräumen der Gewebe beschrieben worden. Man fand z. B., dass die Kieselsäure die Gefässe fossiler Pflanzen bald in Form von zonal aufgebauten Krystallen, bald von radial-strahlig, concentrisch-schalig struirten Sphaerokrystallen oder in traubigen Aggregaten erfülle; über die Art und Weise aber, wie die mineralischen Stoffe sich innerhalb der einzelnen Membran ablagerten, fehlen, soweit mir die Literatur bekannt geworden ist, detaillirtere Untersuchungen. Aus den im Folgenden mitgetheilten Beobachtungen wird man ersehen, dass sich bisweilen ganz bestimmte Beziehungen constatiren lassen zwischen dem gegenwärtigen optischen Verhalten der versteinernenden Materie und den einstigen optischen Eigenschaften der Zellwandungen: Beziehungen, die gewiss um so mehr unser Interesse verdienen, als sie uns Aufschluss geben über die feineren Vorgänge bei dem Versteinerungsprocess in den organischen Körpern selbst und daher das durch chemische Untersuchungen gewonnene Bild des Processes wesentlich vervollständigen.

Häufig ist der Fall, dass die Zellen eines pflanzlichen Gewebes keinerlei Einfluss auf die Einlagerung der versteinernenden Mineralsubstanz ausüben. Bei Dünnschliffen fossiler Hölzer z. B., die in krystallinische Kieselsäure verwandelt sind, zeigt sich das Gesichtsfeld unter gekreuzten Nicols wie aus bunten Feldern zusammengesetzt, deren Grenzen oft keine Beziehungen zu den Zell-

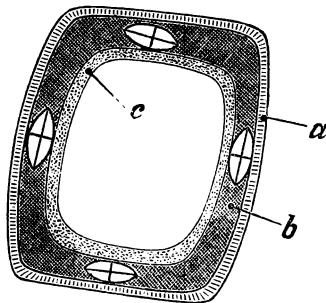
wandungen erkennen lassen. Letztere selbst sind dabei mehr oder weniger deutlich sichtbar und zwar um so mehr, je mehr noch organische Substanz in ihnen enthalten ist, welche ihnen eine dunkle Färbung verleiht, oder wenn sich in ihnen, wie dies sehr häufig vorkommt, Niederschläge von Eisenverbindungen gebildet haben, welche die Membran gleichfalls dunkel färben. Dergleichen verkieselte Gewebe bieten dann unter dem Mikroskop die gleichen Bilder, wie etwa ein Hornstein, Quarzit oder Sandstein. In anderen Fällen fallen die Grenzen der sich bildenden Quarzindividuen mit den Zellwandungen zusammen. Die Orientirung dieser Quarzindividuen ist dabei meist eine verschiedene, sodass das Gesichtsfeld bei gekreuzten Nicols, z. B. bei einem Querschliff eines derartigen Holzes wie aus kleinen bunten Mosaiksteinchen zusammengesetzt erscheint. Freilich kommt es hier oft vor, dass in zweien oder mehreren benachbarten Zellen die Orientirung eine gleichsinnige ist, sodass auch hier grössere, gleichgefärbte Felder entstehen.

Eigenthümliche Verhältnisse trifft man bei Untersuchung der sogen. Holzopale. Während manche dem optischen Charakter des Opals gemäss zwischen gekreuzten Nicols auch bei Drehung des Objecttisches vollständig dunkel bleiben, gewahrt man bei anderen, dass einzelne Zellen oder mehrere nebeneinander liegende lebhaft doppeltbrechend wirken, also mit krystallinischer Kieselsäure erfüllt sind. Denn ich glaube nicht, dass man in allen Fällen diese erwähnte Doppelbrechung durch Spannungen in der Opalmasse erklären kann. Besonders schön zeigte dies ein aus Ungarn stammendes, in Opal verwandeltes Coniferenholz. Bereits bei Betrachtung des Schliffes in gewöhnlichem Licht fiel es mir auf, wie der grössere Theil der Zellen mit einer graulich-trüben Versteinerungsmasse erfüllt war, zwischen denen nun einzelne, deren Lumen völlig klar und farblos erschien, gleichsam hervorleuchteten. Dabei verlaufen die Grenzen zwischen solchen, optisch sich verschieden verhaltenden Zellen ganz scharf. Man findet jedoch oft, dass bei solchen Zellen nur das Lumen mit krystallinischer Kieselsäure erfüllt ist, während die Wandungen sich isotrop verhalten. Auch an Stellen, wo mehrere dergleichen Zellen zusammenstossen, sind doch meist die Wandungen isotrop (Beisp. *Cupressinoxylon pannonicum* aus Ungarn, No. 67). Betrachtet man den Querschliff eines derartigen Holzes bei gekreuzten Nicols, zwischen welche man ein Gypsplättchen, das Roth I. Ordn. zeigend, eingeschaltet hat, so sieht man über einen Theil des Präparates ein fast gleichmässiges Roth I. Besonders rein ist dies in den Zellwandungen, während man in den Zelllumina schon schwach bläuliche oder gelbliche Farbentöne be-

merkt, wahrscheinlich in Folge schwacher, durch Spannungen erzeugter Doppelbrechung. Andere Partien des Schliffes zeigen jedoch nur ein rothes Netz (die quer durchschnittenen Tracheidenwandungen) und in den Maschen desselben die lebhaftesten bunten Farben des krystallinischen Zelllumeninhalts. Bei anderen Exemplaren findet man das Gegentheil: in den Zellwandungen krystallinische Kieselsäure, in den Lumina Opal. Dabei können nun sehr verschiedene Fälle eintreten, je nachdem die Zellwandungen ganz oder nur zum Theil erhalten sind, und im ersteren, ob die einzelnen Membranen, aus denen die Zellwandung sich aufbaut, sich optisch gleich verhalten.

In Bezug auf diesen letzteren Punkt mag hier vorausgeschickt werden, dass es, da sich diese Untersuchungen nicht mit der Structur der Zellmembran beschäftigen sollen, in diesem Fall am zweckmässigsten ist, die durch Figur 1, welche den Querschnitt

Figur 1.



einer Coniferentracheide darstellt, veranschaulichte Bezeichnungswiese anzuwenden. Gemäss dieser werde ich die beiden, bei Coniferenhölzern gewöhnlich stärker doppeltbrechenden Membranen, welche die Zelle nach aussen und innen begrenzen, als die Primär- bez. Tertiär-Membran bezeichnen (a bez. c der Figur) und die zwischen diesen beiden gelegenen, schwächer doppeltbrechenden Lagen als die secundäre Verdickungsschicht (— b —). So zeigt ein Coniferenholz aus Ungarn (No. 22), unter dem Mikroskop betrachtet, bei gewöhnlichem Licht wie das oben erwähnte Exemplar Nr. 67 wieder den Wechsel von klaren, aus krystallinischer Kieselsäure bestehenden und graulich-trüben, mit amorpher Kieselsäure erfüllten Partien; bei gekreuzten Nicols werden letztere indess nicht völlig dunkel, sondern die innerste, das Zelllumen begrenzende Tertiär-Membran erweist sich ebenfalls als doppeltbrechend; doch ist diese Erscheinung fast gänzlich auf das Herbstholz beschränkt, wahrscheinlich, weil in diesem die Tertiär-Membran

der Tracheidenwandung eine grössere Dicke besitzt. Umgekehrt verhalten sich die Librifasern eines Laubholzes (*Liquidambarinum* aus Ungarn, N. 716), bei welchem allein die primäre Membran lebhaft doppeltbrechend wirkt, während die secundären Verdickungsschichten, die Tertiär-Membran und das Lumen von amorpher Kieselsäure erfüllt sind. Der Schliff dieses Holzes erscheint daher bei gekreuzten Nicols wie ein feines, helles Netzwerk mit dunklen Maschen. Ebenso verhält sich ein Eichenholz aus Ungarn (No. 670). Noch ein Erhaltungszustand muss hier erwähnt werden, den ich z. B. bei einem Coniferenholz aus dem Siebengebirge (No. 70) beobachtete. Hier bestanden die ganzen Wandungen der Tracheiden, soweit sie erhalten waren, und die centrale Partie der Ausfüllungsmasse des Lumens aus amorpher Kieselsäure. Zwischen beiden fand sich nun eine krystallinische Lage. Es ist unmöglich in jedem einzelnen Fall zu entscheiden, ob letztere in ihrer ganzen Stärke oder nur zum Theil einer ehemals vorhandenen Tertiär-Membran entspricht, welche während des Versteinerungsprocesses verschwunden ist. Letzteres ist in vielen Fällen wahrscheinlicher, da ihre Dicke oft eine recht beträchtliche ist.

Bieten uns, wie aus obigen Beispielen hervorgeht, die verrieselten organischen Gewebe, schon für sich betrachtet, manches Interessante in Bezug auf ihre gegenwärtige, oft schon in einzelnen Schichten einer Zellwandung verschiedene Beschaffenheit des Versteinerungsmateriales, so trifft man auf weit interessantere Verhältnisse, wenn man die in krystallinische Kieselsäure verwandelten Wandungen eingehender auf ihre optischen Eigenschaften prüft und dieselben speciell mit denjenigen vergleicht, welche die betreffenden Gewebe in den entsprechenden Pflanzen bei deren Lebzeiten besitzen. Selbstverständlich kann hier nicht eingehender auf das bekannte optische Verhalten recenter pflanzlicher Membranen eingegangen werden<sup>1)</sup>, doch mögen zum leichteren Verständniss des Folgenden wenigstens einige Bemerkungen vorausgeschickt werden. Bisher haben wir lediglich untersucht, ob die Zellmembranen in krystallinische oder amorphe Kieselsäure verwandelt waren. Schalten wir nun zwischen die gekreuzten Nicols ein Gypsplättchen, z. B. Roth I. Ordnung, ein, bei welchem die Lage und das Verhältniss der optischen Elasticitätsaxen bekannt

<sup>1)</sup> Vergl. darüber besonders NÄGELI und SCHWENDENER, Das Mikroskop, 2. Aufl.; DIPPPEL, Das Mikroskop und seine Anwendung, 2. Thl., 2. Aufl.

<sup>2)</sup> Vergl. ausser den oben citirten Werken AMBRONN, Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen. Leipzig 1892.

ist, so kann man darnach die Orientirung der Elasticitätsaxen in den zu untersuchenden Objecten ermitteln.<sup>2)</sup> Untersucht man auf die angegebene Weise den Querschnitt eines recenten Coniferen- oder Laubholzes, so liegt die Elasticitätseellipse in der Wandung der Tracheiden bez. der Gefässe derartig, dass deren grössere Axe parallel der Peripherie der Wandung läuft (vergl. oben Fig. 1). Schalten wir nun das Gypsplättchen derartig ein, dass die grössere Axe desselben mit den Polarisations-Ebenen der Nicols einen Winkel von  $45^{\circ}$  bildet, und legen wir einen zarten Holzquerschnitt derartig, dass die Markstrahlen parallel der grösseren Axe des Gypsplättchens laufen, so finden wir, dass die radial verlaufenden Wandungen der Tracheiden oder Gefässe eine blaue, die tangential laufenden eine gelbe Farbe zeigen, und zwar gehört das auftretende Blau in die zweite Ordnung, ist also Additionsfarbe, das Gelb hingegen in die erste Ordnung und ist Subtractionsfarbe. Diese Orientirung der Membranen lässt sich nun bisweilen auch an fossilen Exemplaren noch beobachten: eine Thatsache, die wohl geeignet ist, über die specielleren Vorgänge des Versteinungsprocesses uns mancherlei Aufschlüsse zu geben. Prüfen wir, ehe wir uns zu den eigentlich versteinerten Exemplaren wenden, diejenigen fossilen Pflanzenreste, welche uns in Form der sog. bituminösen Hölzer oft so massenhaft in Braunkohlenablagerungen entgegentreten, so finden wir, dass bei der Mehrzahl derselben die Zellwandungen incl. der Tüpfelbildungen ihre optischen Eigenschaften nicht verändert haben. Da die Membranen dergleichen Hölzer in dünnen Schnitten ein liches Braun zeigen, so tritt bei eingeschalteten Gypsplättchen Roth I., als Additionsfarbe ein tiefes Blaugrün, als Subtractionsfarbe ein bräunliches Orange auf. Bei anderen Exemplaren haben dagegen die Wandungen ihre Doppelbrechung verloren und zeigen dann überall ein Roth I., soweit dies nicht durch die Eigenfarbe der Membran alterirt wird. Auch bei opalisirten Hölzern, bei welchen, wie oben beschrieben wurde, sei es die gesammte Zellwandung, seien es nur einzelne Schichten derselben sich bisweilen in krystallinische Kieselsäure verwandelt finden, zeigen letztere ihre Orientirung oft schön erhalten. Dies gilt z. B. für die krystallinisch erhaltene Tertiär-Membran der Tracheiden des schon erwähnten Exemplares No. 22 (*Cupressinoxylon pannonicum* aus Ungarn). Bei dem Exemplar No. 70 (*Cupressinoxylon pannonicum* aus dem Siebengebirge) fand ich sowohl die gesammte Wandung als auch die centrale Partie des Tracheidenlumens in amorphe Kieselsäure verwandelt, dazwischen jedoch einen krystallinischen Streifen. Als ich denselben mit eingeschaltetem Roth I. untersuchte, zeigte er in seiner ganzen Breite die normale Orientirung einer Tracheiden-

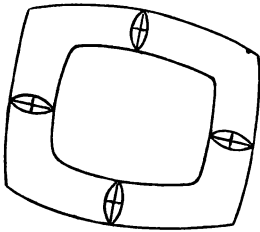
wandung, wiewohl er doch bei seiner Stärke nur z. Th. der bei dem Versteinerungsprocess verschwundenen Tertiär-Membran entsprechen konnte. Nachdem die der Tertiär-Membran entsprechende Lage jenes krystallinischen Streifens sich orientirt gebildet hatte, setzten sich auch die neu hinzukommenden Kieselmoleküle in optisch gleicher Lagerung an erstere an. Gerade das umgekehrte Verhältniss beobachtet man bei dem Exemplar No. 605 (*Cupressinoxylon pannonicum* aus Ungarn). Hier zeigt sich die primäre Membran orientirt, während die secundären und tertiären Verdickungsschichten wie auch das Lumen mit amorpher Kieselsäure erfüllt sind. Bei anderen Exemplaren zeigen sich die Wandungen völlig erhalten und durchweg orientirt; doch ist bei manchen Coniferenhölzern letzteres fast nur im Herbstholz der Fall. Orientirt man den Längsschliff eines derartigen Holzes (z. B. No. 262) u. d. M. wie früher angegeben, so erscheinen die Wandungen im Herbstholz völlig blau und bilden daher schmale blaue Streifen in dem sonst das Roth I. zeigenden Holzgewebe. Besonders deutlich erhaltene Orientirung liess sich in den Dünnschliffen einiger Holzopale aus Ungarn beobachten, welche von Laubhölzern herrührten (z. B. No. 716, *Liquidambarinum speciosum* aus Medgyaszo). Hier zeigten sich die Wandungen der Gefässe völlig, und die starkwandigen Librifasern in ihrer Primärwandung in krystallinische Kieselsäure verwandelt, und zeigte diese die der Membran zukommende optische Orientirung. Aehnlich verhielt sich ein opalisirtes Eichenholz (*Quercinum Staubi*, No. 670, aus Kho-Fidisch), doch war bei diesem die Orientirung auf die Primärwandungen der Librifasern beschränkt.

Bei Untersuchung einiger verkieselter Rindenfragmente (ebenfalls sog. Holzopale aus Ungarn. No. 690 u. 623), welche sich aus Parenchym und Bastfasern zusammengesetzt zeigten, fand ich, dass die Gewebe zum grössten Theil in amorphe Kieselsäure verwandelt waren; einige der dickwandigen Bastfasern dagegen zeigten sich doppeltbrechend und orientirt. Da sie im Schliff bei gewöhnlichem Licht betrachtet eine bräunliche Farbe besitzen, erschien hier als Additionsfarbe ein Grün, als Subtractionsfarbe ein dunkles Orange.

Die bisher erwähnten verkieselten Hölzer, bei denen ich orientirte Wandungen constatiren konnte, stellten, mineralogisch betrachtet, sog. Holzopale dar. Es lag nun nahe, auch die in krystallinische Kieselsäure verwandelten Exemplare, welche der Mineraloge gewöhnlich als „Holzsteine“ bezeichnet, in dieser Beziehung zu prüfen. Dabei stellte sich denn heraus, dass bei diesen orientirte Wandungen ausserordentlich viel seltener vor-

kommen. Ein Fichtenholz aus dem Thal Hangusa bei Tornocz im ungarischen Comitate Neograd zeigte die Wandungen der Tracheiden orientirt, aber legte man den Querschliff so, dass die Markstrahlen parallel liefen der grösseren Axe des Gypsplättchens Roth I. so erschienen die Radialwandungen der Tracheiden gelb, die tangentialen blau: die Orientirung war also die umgekehrte wie bei dem analogen lebenden Holz, also gleichsinnig mit der

Figur 2.



Orientirung eines recenten Korkgewebes oder der Cuticula (vergl. Fig. 2). Das gleiche Verhältniss beobachtete ich bei den Tracheiden einer *Arthropitys* aus dem Rothliegenden von Chemnitz. Bei einem Laubholz von Tarnow in Galizien fand ich die Wandungen der Zellen der Markstrahlen orientirt; liefen letztere parallel der grösseren Axe des Gypsplättchens, so erschienen ihre langen, radialen Wandungen gelb, die kurzen,

senkrecht dazu laufenden blau, zeigten also ebenfalls das umgekehrte Verhältniss der optischen Orientirung wie im lebenden Holz. Ein in krystallinische Kieselsäure verwandeltes Holz, dessen Elemente normal orientirte Wandungen besitzen, habe ich bis jetzt nicht aufgefunden. Bei den Holzopalen ist dagegen die umgekehrte Orientirung das seltenere, indem ich sie nur bei einem derartigen Exemplar beobachten konnte, nämlich bei einem Coniferenholz aus Ungarn (No. 447). Hier zeigten sich die Tertiär-Membranen des Herbstholzes z. Th. orientirt, aber umgekehrt wie bei dem lebenden Holz.

Tritt man nun an die Frage heran, wie das Vorkommen von normal orientirten Membranen zu erklären ist, so sind zunächst zwei Möglichkeiten in Erwägung zu ziehen. Man könnte etwa meinen, dass noch soviel organische Substanz erhalten geblieben sei, dass direct durch sie die oben geschilderten Erscheinungen hervorgerufen würden. In dem interessanten Werk von SCHMID und SCHLEIDEN „Ueber die Natur der Kieselhölzer“ finden wir p. 11, § 5 die Analysen dreier, von SCHMID untersuchten Holzopale aus Ungarn. No. I ist ein *Quercinium vasculosum* SCHLEID. sp. von Tapolczan, No. II ein *Cupressinoxylon pannonicum* UNG. sp. von Zamuto, No. III ebenfalls ein *Cupressinoxylon pannonicum*, aber von Schaiba. Die Analysen ergaben folgendes Resultat:



|                        | I.     | II.     | III.    |
|------------------------|--------|---------|---------|
| Kieselsäure . . . . .  | 94,277 | 93,110  | 91,144  |
| Eisenoxyd und Thonerde | 0,310  | 2,874   | 3,836   |
| Kalkerde . . . . .     | 0,131  | 0,112   | 0,601   |
| Magnesia . . . . .     | 0,074  | 0,016   | 0,139   |
| Natron . . . . .       | 0,324  | 0,241   | 0,559   |
| Glühverlust . . . . .  | 3,815  | 4,790   | 4,654   |
| Summa:                 | 98,931 | 101,143 | 100,933 |

Bei Berechnung des Sauerstoffgehalts der Bestandtheile wird der Glühverlust einfach als Wasser bezeichnet. Da ferner die Opale gewöhnlich 3—13 pCt. Wasser enthalten, so ist jedenfalls der Gehalt an organischer Substanz ein äusserst geringer und wohl nicht im Stande, die beschriebene optische Orientirung der verkieselten Membranen hervorzurufen. Auch bliebe dann ein derartiger Fall unerklärt, wo, wie wir sahen, die Tertiär-Membran verschwunden war, aber nicht nur die ihre Stelle einnehmende Kieselsäurelage, sondern auch die noch nächst nach innen folgenden, schon im ehemaligen Lumen der Tracheide gebildeten Kieselsäureschichten sich normal orientirt zeigten. Man wird sich vielmehr der zweiten Erklärung zuwenden müssen und annehmen, dass jene pflanzlichen Membranen in Folge ihrer optischen Eigenschaften auf die sich einlagernden Kieselsäuremoleküle eine Einwirkung in der Art ausübten, dass sie dieselben zwangen, sich gleichsinnig mit ihrer eigenen Orientirung einzulagern. Man weiss, dass in einem durch Juxtaposition wachsenden Krystall an den inneren Kern sich immer neue, event. zu Mikrolithen zusammen-tretende Moleküle gleichsinnig mit den schon gebildeten Schichten anlagern. In analoger Weise lagerten sich an diejenige Kiesel-lage, welche sich in der Tertiär-Membran der Tracheidenwandung bildete, auch neue Schichten nach dem Inneren des Zelllumens zu an, die nun ebenfalls ihrerseits oft die gleiche Orientirung wie jene zeigen.

Für die Umkehrung der optischen Orientirung in den durchweg aus krystallinischer Kieselsäure bestehenden Exemplaren vermag ich vorläufig eine bestimmte Erklärung nicht zu geben. Wahrscheinlich wirkten auf die Hölzer vor oder während ihrer Verkieselung vielleicht bei erhöhter Temperatur und vermehrtem Druck mineralische Solutionen ein, welche eine dauernde Veränderung des optischen Verhaltens hervorbrachten.

Eine weitere Beobachtung bezüglich des Erhaltungszustandes verkieselter Hölzer möchte ich hier anfügen. Die vielen Hundert von mir untersuchten Exemplare sind theils sog. Holzsteine, theils

Holzopale. Ich habe nun von letzteren kein Exemplar gefunden, welches aus einer älteren Schicht stammte, als aus dem Eocän. Daraus scheint mir hervorzugehen, dass die wasserhaltigen Kieselsäuren (Polykieselsäuren), als welche wir die Opale anzusehen haben, durch die Länge der geologischen Zeiträume sich in wasserarme bezw. fast wasserfreie Kieselsäuren umsetzen, womit zugleich der Uebergang von dem amorphen zum krystallinischen Zustand verbunden ist. Ich glaube, dass ein Theil der prätertiären, aus krystallinischer Kieselsäure bestehenden Holzsteine aus Holzopalen hervorgegangen ist. In anderen hat sich dagegen die Kieselsäure direct in krystallinischer Form abgesetzt, wie es denn schon in der jüngsten Tertiärformation zahlreiche, durch krystallinische Kieselsäure versteinerte Hölzer giebt. Der Ursprung der Kieselsäure ist in den die Hölzer umgebenden Gesteinen zu suchen. Daher findet man die grossartigsten Vorkommnisse fossiler Hölzer die sog. „fossilen Wälder“ in Sandsteinen oder vulkanischen Tuffen. Erstere enthalten in dem die einzelnen Quarzkörner verkittenden Bindemittel oft leichtlösliche Kieselsäure, letztere können besonders durch Zersetzung mancher in ihnen enthaltenen Silicate bedeutende Mengen von löslichen Kieselsäuren liefern. Die Massen verkieselter Hölzer, welche bei Hilbersdorf unweit Chemnitz gefunden worden sind und von einem aus Baumfarren (*Psaronius, Medullosa*), Cordaiten und Walchien bestehenden Walde stammen, liegen in einem Porphyrtuff des Rothliegenden begraben. Die Stämme des fossilen Waldes von Calistoga in Californien finden sich in einem leicht verwitternden grünlichen Rhyolithtuff eingeschlossen, und das gleiche ist der Fall mit jenen Vorkommnissen fossiler Hölzer, die am allermeisten den Namen fossiler Wälder verdienen: denen im nordöstlichen Theil des Yellowstone Nationalparkes, welche ich gleichwie die vorher erwähnten aus eigener Anschauung kennen lernte. Denn hier stehen die Stämme noch meistens an ihrem ursprünglichen Standort, einzelne ragen sogar noch mehrere Meter empor, und bei vielen lassen sich die Wurzeln oft weithin im Boden verfolgen, indem von dem leicht zersetzbaren Rhyolithtuff, welcher diese Wälder einst begrub, eine mächtige Lage bereits wieder durch Erosion entfernt ist. Die verkieselten Stämme von Tiruvicary bei Pondicherry liegen nach MEDLICOTT und BLANFORD<sup>1)</sup> in einem Sandstein, und die gleiche Gesteinsart haben als Heimath die zahllosen versteinerten Stämme, in Aegypten und Libyen<sup>2)</sup>. Es ist nicht nur die Fähigkeit der

<sup>1)</sup> Manual of the Geology of India I., p. 336.

<sup>2)</sup> v. ZITTEL, Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Libyschen Wüste, I, p. 59.

Sandsteine und vulcanischen Tuffe, reichliche Mengen von Kieselsäure abgeben zu können, sondern auch ihre verhältnissmässig grosse Permeabilität für Sickerwässer, welche die beiden Gesteinsarten so besonders geeignet zur Conservirung von Hölzern macht. Denn die Kieselsäure-Solutionen, welche die schliessliche Versteinering bewirkten, haben wir uns als sehr verdünnt vorzustellen, sonst hätten sie die oft enorm dicken Stämme nicht vollständig durchdringen können, wie dies oft der Fall ist. Diese Schwäche der Lösungen setzt nun andererseits wieder eine sehr lange Einwirkung voraus. Die organische Substanz der Zellmembranen ging währenddem zum grössten Theil oder auch gänzlich verloren. Andererseits finden wir in kalkigen Schichten viel seltener gut erhaltene versteinerte Hölzer, denn bei dem oft beträchtlichen Gehalt an Thonerde sind diese nicht so leicht für Sickerwässer durchdringbar wie ein relativ lockerer, oft mürber Tuff oder Sandstein, und bei dem mit der Einbettung des Holzes in kalkigen oder thonigen Schlamm gleichzeitig erfolgenden Abschluss der Luft ging der Verkohlungsprocess oft rascher von statten, als die Imprägnation mit Kalkcarbonat oder kleinen Mengen vorhandener Kieselsäure, und die organische Structur wurde oft, gewöhnlich in Folge eines gleichzeitig wirkenden Druckes, undeutlich oder ging fast völlig verloren. — —

Die Unhaltbarkeit der Theorie von O. KUNTZE, nach welcher die Baumstämme niemals anders als neben Geysirquellen und in ihrer ursprünglichen aufrechten Stellung verkieseln, ist bereits von v. ZITTEL, NIES und ROTHPLETZ dargethan worden, sodass ich nicht nöthig habe, die Gründe, welche gegen diese Theorie sprechen, nochmals aufzuzählen; doch glaubte ich bei dieser Gelegenheit, und nachdem ich selbst die Geysirregion des Yellowstone-Parkes, als auch die berühmten fossilen Wälder im nordöstlichen Theil desselben sowie die von Calistoga und andere Vorkommnisse fossiler Stämme aus eigener Anschauung kennen gelernt habe, auch meinerseits zu dieser Frage Stellung nehmen zu sollen. Es ist freilich nicht unmöglich, dass in vereinzelt Fällen auch durch einen Geysir die Verkieselung eines Stammes hervorgebracht werden kann. Ein solches Beispiel scheint mir ein von ROTHPLETZ<sup>1)</sup> beschriebener Stamm zu bieten; er giebt über denselben Folgendes an: „Es war kein aufrechtstehender, sondern ein in den Sinterkegel des Fountaingeyisir horizontal begrabener Stamm, welcher zufällig bei Anlage eines Weges blossgelegt wurde. Er zeigte die Holzstructur sehr deutlich, aber er war zu hart,

---

<sup>1)</sup> Ueber die Verkieselung aufrechtstehender Baumstämme durch die Geysir des Yellowstone-Parkes. Ausland 1892, No. 9.

als dass man mit dem Messer Schnitte für das Mikroskop hätte machen können. Leichter schabte man mit dem Messer und erhielt dann dünne, spröde Fasern, die sich unter dem Mikroskop als einzelne, von einander losgelöste Tracheiden erkennen liessen. Die Zellmembran war bei ihnen als solche vollständig erhalten, nur polarisirte sie das Licht nicht mehr so lebhaft, als diejenige des lebenden Holzes. Die Zelllumina enthielten zwar noch theilweise Luft, grösstentheils aber waren sie mit amorpher Kieselsäure erfüllt, welche nicht nur die Zelllumina selbst, sondern auch die Kanäle und Höfe der Tüpfel ausfüllt.“ Nach dieser Beschreibung von ROTHPLETZ waren also bei diesem Holz, dem man, freilich geologisch gesprochen, kein sehr bedeutendes Alter wird zuschreiben können, doch nur die Hohlräume (die Lumina der Zellen „und die Poren der Membran“) und zwar auch diese nur „grösstentheils“ mit Kieselsäure erfüllt; die Membranen selbst waren dagegen nicht verkieselt. Auch aus dem Diluvium ist mir kein Holz bekannt geworden<sup>1)</sup>, bei dem auch die Membran völlig verkieselt wäre, die jüngsten derartigen Hölzer scheinen vielmehr erst im Pliocän vorzukommen: alles Thatsachen, welche für eine ausserordentliche Langsamkeit des Verkieselungsprocesses sprechen.

---

<sup>1)</sup> Selbstverständlich abgesehen von denjenigen Exemplaren, welche sich im Diluvium auf secundärer Lagerstätte befinden.

---