© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Über ein Kieselholzgeschiebe mit Teredonen aus den Holtenauer Kanal-Aufschlüssen

von **W. Wetzel** in Kiel.

Mit 3 Tafeln.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 21

Paläobotanischer und geologischer Teil.

a) Das Kieselholz *Laurinium Haasi n. sp.* 21

b) Das geologische Alter des Holzes nebst Bemerkungen über andere Vorkommnisse gleichen Alters 24

Paläozoologischer Teil.

Überreste von *Teredo cf. grandis* HOLZAPFEL, Bericht von ähnlichen, gleichaltrigen Funden und biologische Anmerkungen. 26

Chemisch-mineralogischer Teil.

Chemische und mikroskopische Untersuchungen der Bestandteile des versteinerten Holzes und der Bohrgangfüllungen . . . 31

Zusammenfassung der mineralogischen Untersuchungsergebnisse 53

Geschichte der Fossilreste auf Grund der paläontologischen und mineralogischen Untersuchungen 55

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Einleitung.

Im Juli 1910 fand ich in den Aufschlüssen gelegentlich des Baues der neuen Holtenauer Schleusen [Erweiterungsbauten des Kaiser-Wilhelm-Kanals] unter dem Geschiebematerial der dortigen oberen Grundmoräne Holzreste, die, gegenüber den sonst vielfach zu beobachtenden hellfarbenen tertiären Kieselhölzern und den Braunkohlengeschieben schon äußerlich durch tiefschwarze Farbe und durch die weißgefärbte Füllmasse zahlloser Bohrwürmer-Gänge auffallen. Die Dimensionen des intakten Geschiebes lassen sich leider nur schätzungsweise zu vielleicht 50 cm Länge und 25 cm Dicke angeben, da es bereits in viele Stücke zerschlagen vorgefunden wurde. Ich konnte den größten Teil der Bruchstücke bergen, die ein reichliches und geeignetes Material für verschiedenartige (namentlich paläo-botanische, paläo-zoologische und mineralogische) Untersuchungen darbieten. Ersteren dienten vorzugsweise 30 mikroskopische Präparate [28 Dünnschliffe]; die der chemischen Betrachtung zugrunde liegenden Analysen verdanke ich Herrn cand. chem. R. Sloman in Kiel. Für zugänglich gemachtes Vergleichsmaterial bin ich den Herren Prof. Dr. Gürich-Hamburg und Dr. med. Hanssen-Kiel zu Dank verpflichtet. Den Herren Professor Dr. Johnsen und Professor Dr. Wüst sage ich für ihr hilfreiches Interesse an vorliegender Arbeit meinen ganz besonderen Dank.

Im folgenden mögen, abgesehen von einigen rein mineralogischen Betrachtungen und der geologischen Einordnung des Fundes die Daten geliefert werden, um die Geschichte des Holzstammes von seinem ersten Transport an und dabei ein Stückchen Paläobiologie Wirbelloser aufzuzeigen.

Paläobotanischer und geologischer Teil.

a) Das Kieselholz *Laurinium Haasi n. sp.*

Das schwarze Holz mit seinen bläulich-weißen und bräunlich-weißen Bohrgängen stellt seinem makroskopischen Aussehen nach das gerade Gegenteil dar zu einem von Seward (Fossil plants I,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

S. 61 u. 62, Fig. 8 u. 9, Cambridge 1898) abgebildeten englischen Kreideholz, das hellfarben ist und dunkle Bohrgänge besitzt. Unser Holz hat eine ausgesprochene Spaltbarkeit nach Ebenen, die radiale Längsschnitte des Stammes darstellen.

Der mikroskopische Befund zeigt einen recht günstigen Erhaltungszustand an: Abgesehen von der äußersten Zone des Stammstückes sind nur geringe Spuren von Verdrückung feststellbar, wenn auch im Querschnitt (Tafel 1, Fig. 2) wahrzunehmen. Außen hat freilich vor der Verkieselung ein mehr oder minder starker Zerfall und in umfassenderer Weise eine Aufweichung des Holzes stattgefunden; dort sind, wie entsprechend gelegte Schliffe zeigen (z. B. Schliff 10), Teile tierischer Hartgebilde von den Bohrganghöhlen aus in das umgebende Holz eingedrungen.

Jahresringe sind vorhanden, und zwar entspricht die Längsausdehnung des Querschnittbildes Tafel 1, Fig. 2 mit einer Reihe von ca. 61 Zellen einem Jahresring, und in Schl. 21 wurden innerhalb des Jahresringes ca. 74 radial aufeinander folgende Zellen gezählt. Von den Elementen des Holzes, Tracheen, Holzfasern, (Libriform), Holzparenchym (Parenchymzellen) und Markstrahlzellen entgeht das vorletzte Element der oberflächlichen Betrachtung der Schliffpräparate, da es in keiner geschlossenen Anordnung vorkommt, sondern sich im Querschliff zwischen den mehr oder weniger ausgeprägt radialen Reihen der Tracheen und den streng radialen Holzfaserreihen und Markstrahlen verliert; fast noch mehr tritt es in Längsschliffen zurück. Die Tracheen zeigen nicht ausschließlich die erwähnte Reihenanordnung (bis zu 6 Gliedern) sondern treten bisweilen auch einzeln und seltener noch in tangentialer Reihenbildung (gepaart) auf. Ihre Weite beträgt bis zu 85 μ = 0,085 mm, wodurch die Markstrahlzellenlänge und um ein Vielfaches der Durchmesser der Holzfasern übertroffen wird. Die Entfernung aufeinanderfolgender Querdurchbrechungen der Tracheen mißt im Maximum 1,37 mm. Radial- und Tangential-Wände zwischen benachbarten Gefäßen sind mit Hoftüpfeln besetzt. Bei dem Vorherrschen radialer Tracheengruppierung erblickt man die meisten Tüpfel in tangentialen Längsschliffen (in Radialschliffen entsprechend viele Tüpfelquerschnitte). Die Tüpfel sind bis zu 6 μ breit und besitzen einen mehr oder weniger schräggestellten Schlitz-Porus. Die schräggestellten Querdurchbrechungen der Tracheen sind gleichsam ein Zwischending zwischen leiterförmigen und Tüpfel-Durchbrechungen: Die Tüpfel sind an den Durch-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

brechungen verbreitert, und zwischen den horizontalen Schlitzen scheint nur eine Leitersprossen-artige Membran übrig zu bleiben, wenn die betrachtete Schliffebene vorwiegend auf der Innenseite der Tracheenwand verläuft. Dabei ist hervorzuheben, daß an den Tracheenenden zu der Tüpfelung noch eine charakteristische Verdickungsskulptur hinzutritt. Ringverdickungen ragen zwischen horizontalen Reihen teilweise miteinander verschmolzener Tüpfel firstartig in das Lumen der Röhren hinein, während sich die Tüpfel mehr auf der Außenseite der Röhren hervorwölben. Nach der Tracheenmitte zu tritt diese Skulptur bald ganz zurück (Tafel 1, Fig. 1)[1]). Thyllenbildung ist in den Gefäßen nicht gerade häufig sichtbar. Die recht dickwandigen Holzfasern lassen keine Tüpfelung erkennen. Die Markstrahlen sind bis 23 Zellen hoch (Schliff 11) und enthalten in der Mitte niedrige Zellen, deren Breite die Höhe weit übertrifft, während beiderseits Zellen mit größerer Vertikalausdehnung folgen und schließlich in den randlichen Zellreihen die Zellhöhe ein Vielfaches der Zellbreite einnimmt (Tafel 1, Fig. 1). Die Markstrahlen sind in der Mitte mehrschichtig (in horizontal-tangentialer Richtung liegen bis zu 4 Zellen übereinander) und werden nach dem Ober- und Unter-Rand zu einschichtig; infolgedessen liegen im Querschliff verschieden breite Markstrahlen, meist abwechselnd einschichtig und mehrschichtig, nebeneinander entsprechend den in die Schliffebene fallenden mehr peripheren oder mehr zentralen Zonen der Markstrahlen (Tafel 1, Fig. 2). Die Markstrahlzellen sind ziemlich dickwandig; ihre Tangentialwände erscheinen im radialen Längsschliff fein gekerbt (wohl Andeutung feiner Durchbrechungen). Die radialen Zellwände, die an Tracheen grenzen, besitzen eine, seltener zwei Vertikalreihen breiter Lochporen (Tafel 1, Fig. 1). Zellen, die nicht direkte Nachbaren von Gefäßen sind, enthalten häufig polyedrisch begrenzte (15—20 μ breite) Lumina, die wohl auf Kristalle im einstigen Zellinhalte schließen lassen und auf eine Herauslösung derselben, welche vor Beginn der Verkieselung stattgefunden haben dürfte.

Diese Eigenschaften rechtfertigen die Gattungsbestimmung des Holzes als *Laurinium* Unger nicht ganz ohne Vor-

[1]) Die Anzahl der „Leitersprossen" ist größer als 17 und damit auch größer, als sie nach Solereder, system. Anat. d. Dikotyled., Stuttgart 1899, S. 795 bei rezenten Lauraceen vorkommt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

behalt. Die Diagnose der Lauraceen bei Möller, Beitr. z. vergl. Anatomie d. Holzes, Denkschr. d. kais. Akad. zu Wien **36**, 1876, S. 332 paßt zu unserem Fund hinsichtlich der Anordnung und der Durchbrechungsart der Tracheen und hinsichtlich des Libriforms, nur ist dort von zwei Tüpfelarten der Tracheen die Rede, die in unserem Holz jedenfalls nicht scharf auseinander zu halten sind, da die querovalen Tüpfel an den Tracheenenden allmählich, ohne Änderung ihrer Höhe, in die runden Hoftüpfel der Tracheenmitte übergehen. Die Diagnose fossiler Lorbeerhölzer bei H. Vater, die foss. Hölz. der Phosphoritlag. d. Herzogt. Braunschweig, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. **36**, 1884, S. 884 betont das Ineinanderübergehen beider Tüpfelarten und stimmt zu unseren Befund auch hinsichtlich der Anordnung der Holzelemente, besonders hinsichtlich des Baues und der Häufigkeit der Markstrahlen [1]), doch soll die Querdurchbrechung der Tracheen lochförmig sein, eine wesentliche Abweichung von Möller's und unseren Angaben. Bei Zittel-Schimper-Schenk, Paläophytologie, 1890, S. 899 werden endlich beide Arten von Querdurchbrechungen für *Laurinium* zugelassen. Hier wird übrigens das Vorkommen spiraliger Verdickungen der Tracheenwand angeführt, was etwa mit der oben beschriebenen Ringverdickung in Beziehung zu bringen wäre. In Betracht zu ziehen wäre bei der Gattungsbestimmung ebenfalls noch *Acerinium Unger* (cf. Diagnose bei Zittel) und *Schinus* (nach Caspary, einige fossile Hölzer Preußens, Abh. z. geol. Spezialkarte v. Preuß. u. d. Thür. Staat, **9**, H. 2, 1889, S. 22).

Von den durch die Arbeiten von Felix, Caspary, Vater, Schenk, Platen bekannt gewordenen Lauraceenholz-Arten unterscheidet sich unser Holz genügend, um eine besondere Artbenennung zu verdienen.

b) Das geologische Alter des Holzes nebst Bemerkungen über andere Vorkommnisse gleichen Alters.

Für die Altersbestimmung ergeben sich folgende Anhaltspunkte: Für ein vortertiäres Alter des Geschiebes spricht die petrographische Beschaffenheit; nicht nur makroskopisch erinnert es durch seine schwarze (von tertiären Geschiebe-Hölzern abweichende) Farbe an kretazischen Feuerstein, sondern

[1]) Die oben beschriebene Markstrahltüpfelung ist auch nach Solereder, systematische Anatomie der Dikotyledonen, Stuttgart 1899, S. 795, charakteristisch für Lauraceen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch mikroskopisch, indem das Versteinerungsmittel die gleichen kristallinen Eigenschaften wie der Feuerstein hat[1]). Besonders nahegelegen ist der Vergleich unserer Stücke mit den versteinerten Treibhölzern der anstehenden oberen Kreide Schleswig-Holsteins (Lägerdorf). In einem Bohrgange der ersteren fanden sich Exemplare der in der Kreide so häufigen Gattung *Globigerina*. Gegen ein höheres Alter als Kreide spricht die Laubholznatur, während wiederum *Laurinium* bereits mehrfach aus dem Senon bekannt geworden ist. Die nordamerikanische Kreide hat nach PLATEN, Unters. foss. Hölz. a. d. Westen d. Verein. Staaten v. Nordam., Leipzig 1908, 25 Arten aus Lauraceengattungen geliefert.

Dem Holz haften stellenweis noch geringe Reste sandigen Gesteins an; es besteht daher die Vermutung, daß das Geschiebe aus einer Fazies der oberen Kreide stamme, die dem Holma-Sandstein (DE GEER) Schonens nahe steht und wie dieser (vergl. CONWENTZ, Unters. üb. foss. Hölzer Schwedens, Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar **24**, 13, Stockholm 1892) zahlreiche Holzreste enthält; freilich ist nicht zu verhehlen, daß der Holma-Sandstein wesentlich Koniferenhölzer enthält, die makroskopisch auch heller gefärbt sind als unser Fund. [Die genaue geologische Einordnung des Holma-Sandsteins in die Mucronatenkreide steht nach STOLLEY, über d. Glied. d. nordd. u. balt. Senons, Arch. f. Anthropologie u. Geol. Schlesw.-Holst. **2**, 2, 1897, S. 269, und HENNIG, Guide pour le terrain crétacé de la Suède 1910, noch aus.] Die Schreibkreidefazies von Lägerdorf scheint nach der vergleichenden Untersuchung der dort gefundenen Holzreste wiederum zu Kieselsäure-arm zu sein, um die Bildungsstätte so schnell, vollständig und gleichmäßig verkieselter Reste zu sein, wie unser Fund einer ist. Eine zwischen beiden Vorkommnissen (Holmaudden und Holstein) petrographisch und geographisch vermittelnder Punkt wäre als primäre Lagerstatt unseres Holzes denkbar. Bemerkens-

[1]) Vergl. den mineralog. Teil. Es werden auch tertiäre kristallin verkieselte Hölzer erwähnt. Doch gibt es auch verschiedene Grade der Entopalisierung. Unser Material mit seinen verschiedenen Quarzgenerationen zeigt das weit und gleichmäßig vorgeschrittene Stadium des kretazischen Feuersteins. Vielleicht haben auch manche braune Kieselhölzer, die als Tertiär-Geschiebe in norddeutschen Sammlungen liegen, höheres Alter, soweit sie kristallin sind; hinsichtlich ihrer Herkunft könnte an den noch zu erwähnenden Holma-Sandstein gedacht werden. Die Beschreibungen der norddeutschen Geschiebehölzer (darunter *Laurinium* neben einigen anderen Dikotylen) lassen unentschieden, ob das Alter als tertiär oder als kretazisch anzunehmen sei.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wert ist, daß nicht nur die Flora des Holma-Sandsteins sondern auch das Treibholzmaterial von Lägerdorf aus Koniferen (im letzteren Falle ausschließlich) besteht, während die Harzburger Senon-Hölzer zum großen Teil dikotyl sind (VATER, Zeitschr. d. D. g. G. **36**, 1884), und Ähnliches auch von den Funden aus dem untersenonen Aachener Sand (HOLZAPFEL, Palaeontographica **35**, 1889) und von den allerdings etwas älteren (cenomanen) Kreidehölzern Groenlands (O. HEER, die Kreideflora der arkt. Zone, Kongl. Svensk. Akademiens Handlingar **12**, 1873—75) berichtet wird.[1])

Paläozoologischer Teil.

Überreste von *Teredo cf. grandis* HOLZAPFEL, Bericht von ähnlichen gleichaltrigen Funden und biologische Anmerkungen.

Das kretazische Treibholz ist überall dicht durchzogen von Bohrgängen, stellenweis noch dichter, als es an den durch Tafel 2, Fig. 2 wiedergegebenen Stellen der Fall ist, und es besteht kein Zweifel, daß die Bewohner einer *Teredo*-Art angehören. Zwar

[1]) Die erste Notiz über Treibholzfunde in Lägerdorf stammt von H. HAAS (Uber einige selt. Foss. a. d. Diluv. u. d. Kreide Schlesw. Holst., Schr. d. naturw. Ver. f. Schlesw. Holst. **8**, 1, 1889). Das von ihm nach seiner makroskopischen Erscheinung beschriebene und abgebildete Holz (im Kieler Institut) bestimmte ich als *Podocarpoxylon GOTHAN*. Ältere, im Institut aufbewahrte Schliffpräparate enthalten weitere wohl hierhergehörige Reste. Später haben sich solche Funde offenbar gemehrt. Auch das Hamburger geolog.-mineralog. Institut besitzt von Lägerdorf ein mir vorgelegenes *Podocarpoxylon*. Vier verschiedene Lägerdorfer Hölzer, die der Kieler Sammlung angehören, ließen sich als *Phyllocladoxylon GOTHAN* bestimmen (eines, „Kiel Nr. 3", nicht mit Sicherheit, es kommt hier auch *Cupressinoxylon GÖPPERT* in Frage). Herr Dr. med. HANSSEN-Kiel, dem unsere Sammlung eines der *Phyllocladoxylon*-Exemplare verdankt, besitzt noch eine Anzahl weiterer Treibhölzer, deren Koniferen-Charakter nach freundlicher mündlicher Mitteilung wahrscheinlich ist. Vielleicht beruht diese lokale Ansammlung von Koniferenhölzern auf einer Meeresströmung, die andere heutige Fundorte, namentlich südlich gelegene Gebiete des Kreidemeeres, nicht berührte, sodaß dort die abweichend und mannigfaltiger zusammengesetzte Flora der nahen Festlandgebiete unter den submarin begrabenen Resten vorherrscht.

Die mikroskopischen Präparate, die in erster Linie zu vergleichenden Untersuchungen der Verkieselungsprozesse angefertigt wurden, sind in den Fällen sehr unvollkommener Verkieselung nach Art zoologischer Schnittpräparate hergestellt (Einbettung der Braunkohle-artigen Substanz in hartes Paraffin).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ließen sich die Muschelschalen, die häufig noch in situ am blinden Ende der Bohrgänge liegen, nicht so vollständig freilegen, daß darauf allein die Gattungs-Bestimmung beruhen könnte, doch passen auch die Querschnittsbilder durch Muschelschalen (s. unten) zu solcher Bestimmung. Auch spricht gegen die sonst in Frage kommenden Gattungen mehreres, so gegen *Teredina* das Fehlen eines Wirbelschildes der Muschel und der mangelnde Zusammenhang zwischen Muschelschale und Bohrgangwand, woraus sich erklärt, daß mehrfach die Schalen verwester Tiere in die Bohrröhre herabgefallen sind, und die geringe Dicke der Bohrgangwände; *Turnus* kommt bei dem Vorhandensein kalkiger Röhrenwände nicht in Frage; auch ist bei *Turnus* und *Martesia* die Schalenskulptur anders als es nach Tafel 2, Fig. 3 bei unserem Fund den Anschein hat.

Unter den bisher bekannten kretazischen und alttertiären *Teredo*-Arten ist nur eine, die sich mit der vorliegenden Art vergleichen läßt: *T. grandis* Holzapfel, d. Mollusken d. Aachener Kreide, Palaeontographica **35**, 1889, S. 142, Tafel 8, Fig. 8 u. Tafel 12, Fig. 15, welche dem Aachener Sand, also der unteren Quadratenkreide, entstammt und gegenüber unserem Fund im Höchstfalle einen Altersunterschied entsprechend einer Unterabteilung der Oberkreide hat, der angesichts der Langlebigkeit der *Teredo*-Arten nicht ins Gewicht fällt. Die Ähnlichkeit liegt (bis von *T. grandis* selbst hinreichende Muschelschalenreste bekannt werden) nur im Bau und in den Dimensionen der Bohrgänge begründet. In beiden Fällen sind die Röhren lang und nehmen langsam an Dicke zu, deren Maximum von Holzapfel zu 19 mm angegeben wird, eine Großwüchsigkeit, die, wie Tafel 2, Fig. 5 zeigt, von der vorliegenden Form sehr annähernd erreicht wird. In beiden Fällen tragen die ausgebohrten Höhlungen des Holzes eine ausgeprägte Ringelungsskulptur (Tafel 2, Fig. 2).

Über unser Material sind folgende einzelnen Daten anzuführen: Die an den Bruchstücken des Fundes noch zu messenden Bohrganglängen betragen bis zu 140 mm; im Verlauf dieser Strecke nimmt der Querschnitt des gemessenen Ganges von 4,5 bis 10 mm zu; der dickste bruchstückweis erhaltene Bohrgang (Tafel 2, Fig. 5) hat einen Querschnitt von 15,5 mm, das würde bei dem soeben festgestellten Dickenwachstum einer Ganglänge von jedenfalls mehr als 280 mm entsprechen. Die Wanddicke der Röhren wurde in mehreren Dünnschliffen gemessen, wonach 0,4 mm kaum über-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schritten werden dürften. Diese Röhrenquerschnitte enthalten (nach Schliff 7) bis zu 13 konzentrische Zuwachsschichten. [Vergl. Tafel 1, Fig. 4. Über den mikroskopischen Bau der organischen Kalkgebilde, über Konchiolin und Periostrakum finden sich im mineralogischen Teil dieser Arbeit Angaben, die u. a. erkennen lassen, daß unsere fossilen Bohrgangwände gegenüber rezenten kaum Veränderungen zeigen, während die ursprünglich Aragonithaltigen Muschelschalen bei der Fossilisation weitgehend umgewandelt wurden.] Die in Tafel 2, Fig. 3 vergrößert abgebildeten[1]) Teile einer zweiklappigen Muschel, die ihre ursprüngliche Lage im schwach keulenförmig erweiterten Ende ihres Bohrganges ziemlich unverändert beibehalten hat, zeigen die feine Berippung, die mit der Bohrtätigkeit der Teredonen in Beziehung gebracht wird; der Rippenabstand beträgt $^1/_{12}$ mm, immerhin noch das Doppelte des Rippenabstandes bei der eozänen *T. cincta* Desh. (nach der Zeichnung des Autors). Form und Skulptur der Schalen können auch nach ihren Querschnittsbildern gut beurteilt werden, deren eine ganze Reihe in den Dünnschliffen durch Bohrgänge enthalten ist (Schliffe 6, 9, 10, 10a, 10b = Tafel 3, Fig. 1). Wo die vordere Schalenpartie getroffen ist, zeigt der Schliff immer die scharfen Zacken der oben erwähnten Berippung oder der sog. „Feilenoberfläche" (Tafel 3, Fig. 1), in der Wirbelregion außerdem den Umschlag der Schale und den weitbogenförmig ins Innere ragenden, spangenartigen Wirbelfortsatz (Schl. 9).

Besonderes Interesse nehmen die erwähnten Schliffe dadurch in Anspruch, daß neben den Hartteilen auch **fossilisierte Weichteilreste** zu beobachten sind. Denn nur als solche können trotz der Seltsamkeit und Erklärungsschwierigkeit dieser Funde die gelbbraunen, sattbraunen und schwärzlichen, eigentümlich konturierten Anhäufungen einer die Chalzedon-Füllmasse verunreinigenden Substanz gedeutet werden, die nirgend ohne offenbaren Zusammenhang mit Muschelschalteilen angetroffen worden sind und bei stärkerer Vergrößerung eine in verschiedenen Fällen verschieden feine Körnelung oder auch eine Faserung aufweisen. Von den

[1]) Die Aufnahme dieses sehr schwierigen Objektes geschah in indirektem Licht, d. h. die Lichtquelle beleuchtete ein Gipsparaboloid (mit Lithopone-weiß überstrichen), in dessen Brennpunkt sich das Objekt befand, während das Objektiv hinter dem im Scheitel durchbohrten Paraboloid angebracht war.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

organischen Bestandteilen des Kieselholzes unterscheidet sich diese tierische Substanz in mehrfacher Weise (s. im mineralog. Teil der Arbeit). In begreiflichem Gegensatz zu den versteinerten pflanzlichen Geweben ist hier die Zellstruktur geschwunden und stellenweis hat die Kristallisation der Chalzedonsphärolithe, die in den organischen Resten die ersten Ansatzpunkte fand, letzteren ihre innere Mikrostruktur aufgezwungen. Von einer anatomischen Identifizierung der Einzelheiten im Sinne zoologischer Dünnschnitte kann mithin nicht die Rede sein, doch verdienen einige Deutungsversuche angeführt zu werden. In zwei Fällen, so in dem Tafel 3, Fig. 1 abgebildeten, findet sich eine große, rundliche Kontur, die als Schnitt durch irgend eine Stelle des Darmtraktus aufzufassen ist, wie daraus hervorgeht, daß das Innere ganz erfüllt ist von feinem Holzfaser-Häcksel, Nahrungsresten des Tieres — vergl. JEFFREYS' Schilderung rezenter Teredonen in seiner British Conchylogy III, S. 134 —, während außen die muskulöse Darmwand repräsentiert wird durch eine verhältnismäßig grobkörnige Ausbildung unserer organischen Substanz. Solche grobkörnige oder großtropfige Mikrostruktur findet sich auch an anderen Stellen der Schliffe (besonders Schl. 6) in Konturen, die an Muskelzüge denken lassen, während es den Anschein hat, daß bindegewebige Weichteile, z. B. die den Schalen anliegenden Mantelpartien in eine besonders feinkörnige Masse umgewandelt wurden. Der in Tafel 3, Fig. 1 abgebildete Fall ist insofern kompliziert, als die Wirbelregion der Muschel herabgebrochen erscheint und wohl in die Siphonalregion hineingesunken ist, wobei einige im Bilde gezerrt erscheinende Muskelfaserzüge das Ganze zusammengehalten haben. In weniger gestörter Lagerung, dafür aber durch Kristallisation undeutlicher gemacht sind die organischen Gebilde in Schliff 6, wo neben dem Darm noch mehrere andere Lumina unterschieden werden können, z. B. eines mit stellenweis fein gewellter Kontur und umgeben von sehr dunkler, etwas fasriger organischer Substanz. — Ballen aus pflanzlichem Häcksel erfüllen, ohne von tierischen Geweberesten begleitet zu sein, einen Bohrgang, der in Schliff 16 getroffen ist, und von welchem Tafel 2, Fig. 1 einen kleinen Teil stark vergrößert wiedergibt. Hier liegt die Deutung als Kotballen nahe, zumal außer fein zerteilten Holzresten [und feinen Kalkausscheidungen] auch tierische Reste *[Globigerina* und andere schwer zu deutende Mikroorganismen-Reste] sowie wahrscheinlich Pilzfäden vorkommen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Letztere Vermutung stützt sich auf Bilder, wie Tafel 2, Fig. 1 (oben links) eines allerdings nicht sehr deutlich wiedergibt.

Das Material läßt verschiedene, mit Beobachtungen an rezenten Teredonen übereinstimmende biologische Feststellungen machen. Für die mechanische Entstehung (Ausraspelung) der Bohrgänge wurde von JEFFREYS (Brit. Conchylog. III, 137—138) geltend gemacht, daß die an die Bohrhöhlung stoßenden Holzfasern u. d. M. wie ein „gemähter Rasen" aussähen. Dem entspricht wohl auch die Beobachtung an vielen mir vorliegenden Schliffen, daß die Holzfaserstümpfe alle gleichsinnig umgebogen sind. Ebenfalls werden die erwähnten kreisförmigen Spuren (Ringelung) der Bohrhöhlung als Zeichen der mechanischen Entstehungsweise in Anspruch genommen [cf. SCHÜTZE, die bohrenden und schmarotzenden Fossilien d. schwäb. Meeresmolasse, Jahresb. d. V. f. vaterl. Naturk. in Württ. 1907][1]).

Die größeren Bruchstücke des angebohrten Holzes lassen die bekannten „Bauregeln" der Teredonen-Gänge erkennen. Das Aneinanderstoßen von Gängen wird sorgfältig vermieden, auch wenn die Röhren, namentlich die engen Jugendstadien, sehr dicht nebeneinander liegen. Gelegentlich ist es doch zur Berührung gekommen (Tafel 1, Fig. 4), in welchen Fällen vielleicht einer der beiden Gänge beim Bau des anderen schon ausgestorben war. Die Gänge führen regelmäßig senkrecht zur Faserrichtung in das Holz hinein, biegen aber, allmählich sich erweiternd, alle mehr oder wenig scharf rechtwinklig, in die Faserrichtung um (Tafel 2, Fig. 4), sodaß die weiten, alten Gangabschnitte zu einander wieder parallel in der Faserrichtung liegen (cf. JEFFREYS, l. c., S. 133, 134, 138, 149).

Von den verschiedenen Funden kretazischer, Treibholzbewohnender Bohrwürmer seien zwei nachbarliche angeführt: Ein von Bohrgängen durchsetztes Holz von Lägerdorf ist in der Hamburger „Sammlung für heimische Geologie" ausgestellt und nach der Etikette von *Pholas* bewohnt. Die betreffenden Bohrgänge sind zwar viel kürzer und divergenter als die hier be-

[1]) Dort wird als neuere Ansicht über die Bohrmethode von *Teredo* angegeben, daß nach HARTING die Schalen als schneidende Kinnladen gebraucht werden; als hierzu stimmend mag von unseren Funden angeführt werden, daß verschiedentlich die rippentragenden vorderen Schalenteile ihre Skulptur dem anliegenden Holz fest eingeprägt haben und daß an anderen Stellen noch feinste Holzfeilspäne zwischen Tierschale und Gangwand liegen geblieben sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schriebenen, können aber doch wohl auf eine Art der Gattung *Teredo* bezogen werden, zu welcher mehrere derartige Formen gestellt worden sind. Leider hatte ich nicht die Möglichkeit das Stück genauer zu untersuchen. Ein Feuersteingeschiebe mit Bohrgängen enthält noch die Kieler Sammlung. An letzterem ist von Holzstruktur nichts mehr sichtbar, dieselbe ist, wie so oft, vor der Versteinerung bereits der Zerstörung anheimgefallen, wie ja auch unser Material an randlichen Stellen in strukturlose Feuersteinmasse überzugehen begonnen hat.

Chemisch-mineralogischer Teil.

Chemische und mikroskopische Untersuchungen der Bestandteile des versteinerten Holzes und der Bohrgangfüllungen.

Die chemische und mineralogische Untersuchung hatte zu unterscheiden zwischen den Substanzen des Kieselholzes und denjenigen der Bohrgangfüllungen.

Analysen der lufttrockenen Substanzen.

	I Kieselholz	II Bohrgangfüllung
$Si O_2$	94,3 %	96,7 %
$Fe_2 O_3$ (+ $Al_2 O_3$)	1,8	1,1
Mg O	Spur	Spur
Ca O	0,5	0,6
$K_2 O$	0,06	0,06
$Na_2 O$	0,1	0,3
$H_2 O$ bis 120°	1,2	1,5
Glühverlust oberhalb 120°	2,3	0,4
	100,26	100,66

Analyse I stimmt mit vielen in der Literatur vorhandenen Kieselholzanalysen recht gut überein, ein geologisch jüngeres Kieselholz (ungarischer Holzopal) hat nach J. Felix, Habilitationsschrift Leipzig 1884, z. B. den gleichen $Si O_2$-Gehalt und nur wenig größeren (1,5 % mehr) Glühverlust bei ähnlichen Gehalten an $Na_2 O$, Ca O und Mg O [1]). Der Vergleich der Analyse II mit der ersten zeigt durch den um 2,4 % höheren $Si O_2$-Gehalt und den um fast ebensoviel geringeren Glühverlust das Fehlen der organischen (Holz-) Substanz in den Gangfüllungen an; diese Substanz, wenn

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

auch nur ein bei der Pseudomorphosierung übrig gebliebener chemisch veränderter Rest des ursprünglichen Holzes, dürfte einen wesentlichen Teil des Glühverlustes von Anal. I ausmachen, während etwa vorhanden gewesenes Opal-Wasser hauptsächlich bereits während der Trocknung des Analysenpulvers bei 120° entwich. Mit größerer Wahrscheinlichkeit ist der durch Trocknung erfolgte Wasserverlust von Anal. II teilweise auf Kosten von Opal-Wasser zu setzen, da die unten zu besprechenden Erhitzungsversuche mit Schliffpräparaten einen nicht unerheblichen Opalgehalt der Gangfüllmasse und nur geringen Opalgehalt des Holzes ergeben haben. Daß neben SiO_2 auch Fe_2O_3, Na_2O und CaO während des Versteinerungsprozesses zugeführt sind, zeigt der Vergleich mit Analysen rezenter Hölzer[2]). S und Mn, die beide in kleinen Mengen zu erwarten sind, wurden nicht besonders bestimmt (S ist nach der mineralogischen Untersuchung als FeS_2 vorhanden). Auch die kieseligen Bohrgangfüllungen sind durch die erwähnten anorganischen Stoffe verunreinigt.

Die schwarze Farbe der **Kieselholz**-Bruchstücke lichtet sich im normal dicken Dünnschliff u. d. M. zu einem durchsichtigen, satten Braun (Tafel 3, Fig. 2); doch enhalten die Lumina des Holzes hier und dort dunklere, ± undurchsichtige Bitumen-Anhäufungen, z. T. in Kugelform und optisch dichter als Canadabalsam (Schliff 11). Die dilute braune Färbung verschwindet aus dem erhitzten Dünnschliff bei 190° bis 260° (vergl. den Glühverlust der Anal. I oberhalb 120°), und die Substanz hat demnach wohl einen ähnlichen Kochpunkt, wie Naphtalin[3]). — Makroskopisch sichtbar sind im Holz stellenweis winzige Pyrit-Aggregate. Vitriol-Ausblühungen, die während des Aufbewahrens entstanden, verraten daneben einen geringen Markasit-Gehalt. Auf das letztere

---

[1]) Anderseits gibt es geologisch ältere, vorsenone Hölzer, die weniger SiO_2 und mehr Glühverlust (organische Substanz) besitzen (cf. G. Spezia in Osserv. scient. eseguite durante la spedizione polare di S. A. R. Luigi Amadeo di Savoia, Duca degli Abbruzzi 1899—1900, Mailand 1903, S. 689—698).

[2]) Der gesamte Aschengehalt rezenter Hölzer beträgt nach STRASBURGER'S Lehrbuch (Aufl. 4, 1900, S. 148) nur 0,21 %; diese Zahl läßt sich allerdings nicht direkt vergleichen mit einem mit SiO_2 imbibierten Holz.

[3]) Die wenigen Daten über die unbekannte färbende Substanz des Kieselholzes versuchte ich noch um ein weniges zu vermehren durch einen orientierenden Versuch mit ultraviolettem Licht; sie scheint diesem gegenüber ebenso wie gegenüber dem sichtbaren Licht eine sehr geringe Durchlässigkeit zu besitzen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Mineral sind vielleicht die schwarzen Kügelchen (? Sphärolithe) zu beziehen, die u. d. M. in den Lumina zu beobachten sind und in reflektiertem Licht grau-gelben Metallglanz zeigen [1]), an dessen Stelle in einem über 300° erhitzten Schliffe dunkelrote Färbung trat. — Die Außenseite des Holzstammes ist stellenweis weißgefärbt (Tafel 2, Fig. 4), wohl infolge Entfernung der organischen Substanz, statt welcher sich Luft oder auch Ca CO_3 zwischen den Chalzedonfasern befindet. Letztere, der Hauptbestandteil des versteinerten Holzes, mögen bei der mikroskopischen Analyse der Bohrgang-Füllmasse mit besprochen werden.

Die **Ausscheidungen** in den durch die Bohrwürmer erzeugten **Hohlräumen** haben diese teils ganz ausgefüllt, teils bilden sie nur einen mehr oder minder dicken Wandbelag, was durch die Innenschrumpfung der ursprünglich gebildeten wasserreichen Gele seine Erklärung findet. Heute besteht die Füllmasse zum geringsten Teil aus Opal [2]), zu wesentlichen Teilen aus Chalzedon, wozu noch Quarzin, Quarz, Kalzit und Pyrit kommen, in einer Ausbildungsweise und Vergesellschaftung, wie sie sich auch im Feuerstein finden (dieser Vergleich lag auch nach den obigen geologischen Betrachtungen nahe). Der Chalzedon ist nach Art der trüben Medien weiß bis bläulich in auffallendem Licht und trüb bräunlich in durchfallendem Licht. Konzentrische Schichtung der Bohrgangfüllungen tritt in einer wechselnden Durchsichtigkeit der Schichten makroskopisch hervor. Ist in manchen teilweise ausgefüllten Bohrgängen Chalzedon und nicht Quarz, wie in der Mehrzahl der Fälle, die letzte, d. h. innerste, Ausscheidung, so hat ersterer eine deutlich traubige Oberfläche. Der bereits erwähnte Quarz zeigt Kristalle mit $\pm$ R, seltener auch mit ∞ R von etwa $^1/_2$ mm Länge (vergl. Tafel 2, Fig. 4 u. 5); ihre Orientierung gegenüber der Bohrgangaxe ist stellenweis sehr unregelmäßig infolge der traubigen Oberfläche des die Unterlage bildenden Chalzedons, sodaß auch seitlich aufgewachsene Individuen vorkommen. Manche Kristallgruppen haben einen gelblichen,

[1]) Bei unscharfer Einstellung schimmern die Kügelchen, deren Durchmesser von viel geringerer Größenordnung als die Dünnschliffdicke ist, schwach rötlich oder grünlich in durchfallendem Licht, vielleicht infolge von Beugungserscheinungen.

[2]) Der Füllmasse nicht eigentlich zugehörig, findet sich in den Bohrgängen auch die amorphe, auf Tierreste zu beziehende organische Substanz.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

irisierenden Eisenoxydüberzug, der durch heiße, konzentrierte H Cl schnell entfernt wird; hiervon abgesehen, sind die Quarzkristalle allermeist glasklar, nur wenige Kristallgruppen zeigen wie der Chalzedon die Farben trüber Medien. Da die mikroskopische Prüfung zweier Dünnschliffstellen im Quarz Opalschichten vermuten läßt, so liegt auch hier die Annahme nahe, Opal sei die Ursache der Trübung dieser „Blauquarze" zumal dieselbe Ursache auch für den mit den Quarzen vergesellschafteten, trüben Chalzedon anzunehmen ist. Es erscheint möglich, daß auch dieses oder jenes anderweitige Vorkommnis von Blauquarz als opalhaltiger Quarz aufzufassen sei, worauf an anderer Stelle eingegangen werden soll. Gelegentlich finden sich zwischen den Quarzgruppen oder zwischen zwei Chalzedonschichten Aggregate und einzelne im Durchmesser bis $1\,^1/_2$ mm große, würfelige Kristalle von Pyrit, der meist oberflächlich in Brauneisen umgewandelt ist. Von einigen Aggregaten werden Durchkreuzungszwillinge nach 111 vorgetäuscht, während eine tatsächliche gesetzmäßige Verwachsung dieser Art nach einigen Winkelmessungen ausgeschlossen scheint, wie sie auch sonst zum mindesten eine Seltenheit ist. Die periphere Kalzit-zone der Gangfüllungen, eine Abscheidung der einstigen Erbauer und Bewohner der Gänge, hebt sich makroskopisch als dünne, undurchsichtige, weiße Lage vom Chalzedon ab; der Kalzit wurde nach Meigen's Methode nachgewiesen.

Die mikroskopische Untersuchung offenbart noch deutlicher als die bisherige makroskopische Betrachtung, daß unsere Gangfüllungen Achatdrusen sind, welche die langgestreckten Bohrgänge pseudomorphosieren. **Chalzedon**sphärolithe, ihr Hauptbestandteil, zeigen unverkennbar die Eigentümlichkeiten „zentrogener" Sphärolithe, die an die Stelle eines Gels getreten sind (cf. Popoff, eine neue Unters. Meth. sphärol. Bild., Tscherm. Mitt. **23**, S. 153—179)[1]. Die zylindrische Wand der Bohrgänge ist mit vielen Sphärolithen ausgekleidet, die sich gegenseitig im Wachstum begrenzten und nur nach der Zylinderaxe zu kalottenförmig enden; die nach dem Ganginnern zustrebenden Sphärolithfasern sind die längsten, die umgekehrt gerichteten die kürzesten. An eine erste Zone von gleichaltrigen Spärolithen oder — für die meisten Fälle passender — von „Halbsphärolithen" legte

[1]) Das anderweitige Vorkommen von „koriogenen" Chalzedonsphärolithen muß nach Mügge Ctrbl. f. Min. etc. 1911 S. 196 als möglich gelten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sich eine zweite u. s. f.; die inneren Zonen sind meist regelmäßiger als die äußerste. Die dadurch bedingte Konzentrizität tritt, wie erwähnt, unter Umständen schon makroskopisch hervor. Da nun jede Zone nach der Gangachse zu von lauter Kugelkalotten begrenzt ist, so haben wir die Struktur der Festungsachate, und zwar (namentlich infolge der Kreisform der Gangquerschnitte) von seltener Regelmäßigkeit. Ein Beispiel von übrigens nicht extremer Regelmäßigkeit ist in Tafel 3, Fig. 3 gegeben und wird gegen Ende dieses Kapitels noch genauer zu besprechen sein [1]). Die Übereinstimmung unserer Sphärolithsubstanz mit sogenanntem Chalzedon („Chalzedonit" von MICHEL-LÉVY und LACROIX) zeigt sich in folgenden Punkten:

1. Die Lichtbrechung ist niedriger als beim Quarz und höher als beim Opal. (Vergl. WÜLFING, über d. Lichtbr. d. Kanadabals., Sitzber. d. Heidelb. Ak. d. Wiss., math. naturw. Kl., Jahrg. 1911, Abh. 20, S. 5, 7, 8, 10.)

2. Die Doppelbrechung ist kaum merklich schwächer als beim Quarz; sie erscheint in zentralen Partieen der Sphärolithe naturgemäß wesentlich schwächer, da hier die Dünnschliff-Schicht aufgebaut ist aus stark divergierenden Einzelfasern von Dimensionen, die gegenüber der Dünnschliffdicke klein sind. Anderseits lassen sich in jedem Schliff Stellen finden, wo die maximale Doppelbrechung des Quarzes (Schnitt // c) und die maximale Doppelbrechung des Chalzedons (periphere Teile zentrisch geschnittener Sphärolithe) miteinander verglichen werden können.

3. Die Auslöschung ist gerade; // der Faserachse liegt die größte Elastizität und zwar sowohl in gedrillten, wie in nicht gedrillten Sphärolithen, der optische Charakter der Chalzedonsphärolithe ist also negativ. Bei Einschaltung eines Nicols grenzen sich die annähernd ⊥ zu dessen Hauptschnitt liegenden Fasern schärfer gegeneinander ab, als die annähernd // dem Hauptschnitt liegenden. Betrachtet man die Fasern als einaxig und als ⊥ zur optischen Achse gestreckt (worauf noch zurückzukommen ist), so erklären sich diese Unterschiede aus der Verschiedenheit der außerordentlichen Brechungsindizes divergenter Nachbarfasern, da im ersteren

[1]) Ein regelmäßiges Achat-Bild mit mehr als 6 konzentrischen Zonen, deren innerste aber die älteste ist, im Gegensatz zu der in unseren Drusen herrschenden Zonenfolge, bietet der bei HAUSWALDT, Interferenzerschein. im polar. Licht, II, 1904, Tafel 55 abgebildete Querschnitt durch einen isländischen Chalzedonzapfen (Original im Göttinger Min. Institut).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Falle die Haupt-Lichtintensität den außerordentlichen Schwingungen zukommt.

4. Die Fasern vieler und namentlich aller größeren Sphärolithe der Gangfüllungen sind gedrillt, wie das periodische Schwanken des Gangunterschiedes im Verlauf jeder Faser zeigt (Drillungsachse ⊥ optischer Achse), und zwar ist die Drillung stets dem Drehungssinn der gewöhnlichen Schraube entgegengesetzt, also wie eine Linksschraube im Sinne des Uhrzeigers aufsteigend (enroulement hélicoidal). So besteht jeder Sphärolith aus Zonen gleichen Gangunterschiedes, welche mehr oder weniger kontinuierlich und konzentrisch, dabei aber eigenartig gezackt sind. Zu Punkt 1 bis 4 vergl. Michel Lévy und Munier Chalmas, Mém. sur diverses formes affectées par le réseau élémentaire du quartz, Bull. Soc. franç. de Min. **15**, 1892, S. 159 u. 164; eine Zusammenstellung diesbezüglicher Angaben gab Hein, Unters. über faserige Kieselsäuren und deren Verh. zu Opal und Quarz, N. J. Beilgbd. **25**, 1908 (Dissert. Kiel).

5. Diejenigen Stellen der gedrillten Fasern, die den Gangunterschied 0 haben, zeigen zweiachsige Interferenzbilder mit AE // Faserachse und der spitzen, positiven Bisektrix ⊥ Faserachse. Indessen sind diese Bilder, wie auch Wülfing (l. c.) erwähnt, nie ganz ungestört, am wenigsten in dicken Schliffen, wo auch ein größerer Achsenwinkel erscheint als in dünneren, sodaß angenommen werden darf, daß die Achsenbilder ihre Eigenart der Sphärolithstruktur verdanken, und daß ihnen mehrere gleichzeitig gesehene einachsige Bilder verschieden geneigter, übereinanderliegender Fasern zu Grunde liegen. Mit Hülfe der Achsenaustritte läßt sich bekanntlich der Drillungssinn der Fasern ermitteln, sofern der Mikroskoptisch feine Verschiebungen des Präparates vorzunehmen gestattet.

An dem mir vorliegenden Chalzedonvorkommen sind folgende spezielle Eigenschaften hervorzuheben:

I. Als maximale Faserlänge wurde 1,96 mm in Schliff 8a beobachtet, 1,5 in Schl. 8b, 1,0 in Schl. 7, 0,54 in Schl. 8, in den meisten Fällen noch geringere Faserlängen; im Vergleich zu anderen Angaben in der Literatur sind selbst die letzten Werte groß; Hein hat (l. c.) 0,27 mm gemessen; unsere Messungen wurden an zentrisch geschnittenen Sphärolithen mit ungestörten Drillungszonen vorgenommen, sodaß trotz der Feinfasrigkeit die Wahrscheinlichkeit groß ist, daß die gemessene Länge wirklich einer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

und derselben Faser zukommt. Die Faserdicke läßt sich infolge der Undeutlichkeit und Überlagerung der Fasergrenzen schlecht beurteilen; anscheinend liegt sie ziemlich gleichmäßig zwischen 2 und 3,3 μ (Schl. 1 u. 7), sodaß über 10 Fasern in einem normal dünnen Dünnschliff übereinander liegen können (vergl. oben die Erklärung der zweiachsigen Interferenzbilder und der Doppelbrechungsunterschiede zwischen zentralen und peripheren Sphärolithpartien). Als Ansatzstellen (Zentren) der Sphärolithe fungieren verschiedentlich Pyritkörnchen, bisweilen auch Bitumentröpfchen.

II. Die Ganghöhe des Schraubenbaues kann bei verschiedenen Sphärolithen, wie auch in verschiedenen konzentrischen Zonen des einzelnen Sphärolithen variieren; letzteres derart, daß die Ganghöhe im Zentrum und an der Peripherie des Sphärolithen meist kleiner ist als in mittleren Zonen (Schl. 1, 8a, 8b); bisweilen ist auch wie in einem von Timofejeff beschriebenen Fall gedrillter Sphärolithe (Centralbl. f. Min. etc. 1911, S. 227) die Ganghöhe im Zentrum am größten (Schl. 16). 0,4 mm ist ein aus Schl. 1 berechneter Mittelwert für die Ganghöhe [1]). Meist sind die stark gedrillten Fasern (in Schl. 8a Ganghöhe = 0,3 mm, Schl. 7 — 0,29 mm, Schl. 8b — 0,21 mm) gelblich trübe, während dies bei den Sphärolithen von Schl. 8 mit 0,25 mm Ganghöhe und von Schl. 16 mit 0,22 mm Ganghöhe allerdings nicht der Fall ist. Die Drillung erscheint nicht in allen Schnitten durch gedrillte Sphärolithe gleich regelmäßig, sie tritt erklärlicherweise in zentral geführten Schnitten deutlicher in kontinuierlicher Bänderung hervor als auf exzentrisch liegenden Schnitten. Aber auch die ersteren Schnitte verhalten sich nicht alle gleich, und können es unmöglich; wenn nämlich das Bild eines deutlich und regelmäßig gedrillten Sphärolithen den senkrechten Austritt der optischen Achsen aller in der Schnittebene liegenden Fasern in wiederholten konzentrischen Zonen zeigt, so ist damit eine ausgezeichnete Richtung im Sphärolithen festgestellt, diejenige senkrecht zur Schnittebene. Nun finden sich diese guten Drillungsbilder in Schliffen, die gegenüber den Bohrgängen oder Drusenräumen die gleiche Orientierung haben, nämlich in Querschliffen, während in Längsschliffen (parallel der Bohrgangachse) Sphärolith-Schnitte mit unregelmäßig verteilten,

[1]) Einem Schraubenumgang entspricht die Strecke von einem Austritt der spitzen Bisektrix bis zum übernächsten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nicht kontinuierlich zonar geordneten Farbenwechsel der Fasern zu beobachten sind (Schl. 1, Schl. 17), wobei sich allerdings an der Peripherie der Sphärolithe auch kontinuierliche Drillungszonen einstellen. Die ausgezeichnete Richtung der Sphärolithe ein und derselben Druse ist deren Längsachse, die Bohrgangachse. Diese Richtung war schon im Gel-Stadium der SiO_2-Ausscheidungen eine ausgezeichnete: konzentrisch zu ihr verläuft die Opalschichtung und fand während der Entwässerung des Gels wohl eine Art von Ringspannung statt, welche auf die Ausbildungsweise der sekundär entstehenden Kristallfasern nicht ohne Einfluß blieb. Auch in der Umgrenzung der Sphärolithe zeigte sich bei obiger Schilderung eine ausgezeichnete Richtung: nur die der Bohrgangachse zugewandte Seite der Sphärolithe ist idiomorph, nämlich kugelig umgrenzt; man kann sich die Sphärolithe nur dann zur Kugel vervollständigt denken, wenn man die sie durchsetzenden Zonarstrukturen der Drusen, die Opalschichtung und die Drillungszonen, außer Acht läßt. Unsere Chalzedonaggregate sind nicht von der Symmetrie der Sphärolithe in strengem Sinne. Die notwendige Richtungsverschiedenheit gedrillter künstlicher Sphärolithe, die zwischen Objektträger und Deckglas der Präparate eine dünne Schicht bilden, ist in analoger Weise in Beziehung zu setzen zu eben der Zwangslage, in der sich schon die Schmelze der betreffenden Verbindungen zwischen den parallelen Begrenzungsflächen befindet. Daneben bleibt als anscheinend notwendige Bedingung für die Drillung bestehen die Verunreinigung der Sphärolith-bildenden Substanz durch eine in ihr gelöste andere. Mit Hein (N. J. Beilgbd. **25**, 1908, S. 227) divergente Elementarfäserchen als Ursache der Drillung anzunehmen, bin ich durch keinerlei Beobachtungen veranlaßt, vielmehr pflegen die fächerartigen oder gefiederten Fasern der unregelmäßiger gebauten und dann meist kleineren Chalzedonsphärolithe gerade keine Drillung zu zeigen [1]). Die Konzentrizität und der einheitliche Drehungssinn

[1]) Die von mir angenommene Drillung jeder einzelnen homogenen Chalzedonfaser um a läßt eine Analogie mit Quarz erkennen, auf die mich Herr Prof. Johnsen freundlichst aufmerksam machte: Mügge nimmt auf Grund mikroskopischer Beobachtungen Biegungen infolge von Translation um eine der a-Richtung nahe kommende Richtung beim Quarz an (N. J. Beilgbd. **10**, 1895—96, S. 766 u. N. J. 1898, I, S. 152), und um eine horizontale Achse sind auch die „gewundenen" Rauchquarze, Tschermak's „Vizinalzwillinge", gedrillt. — Das in besonders schön gedrillten Sphärolithen kristalli-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des Schraubenbaues innerhalb jedes einzelnen Sphärolithen würden eine sehr merkwürdig gesetzmäßige Gruppierung der „Elementarfäserchen" voraussetzen.

Was die unser Holz pseudomorphosierenden Chalzedonsphärolithe betrifft, so sind sie meist zu klein und zu unregelmäßig, um jene Drillungen deutlich erkennen zu lassen, aber auch Fälle ausnahmsweise großer und regelmäßiger Sphärolithe im Holz (Tafel 1, Fig. 3 u. Tafel 3, Fig. 2) zeigen die Drillung nicht, sodaß hierin ein Unterschied gegenüber den Bohrgangsphärolithen zu finden ist.

III. Zwei bemerkenswerte Eigenschaften der Drusen-Sphärolithe sind a) die Achatschichtung (= Gelstruktur, Zonarstruktur) und b) die damit wahrscheinlich in enger Beziehung stehende gelbliche Trübung mancher Sphärolith-Dünnschliffe. a) Die unter Achatschichtung verstandene Erscheinung hält die oben erwähnte Konzentrizität zweierlei Art im „Festungsachat" inne: Feine Linien, offenbar sehr dünne Schichten mit schwächerer Lichtbrechung, durchsetzen kontinuierlich die Fasern zentrisch geschnittener Sphärolithe und gehen kontinuierlich durch alle Sphärolithe einer Drusenzone, also einer Generation hindurch, in jedem einzelnen Sphärolith konzentrisch zu seinem Zentrum verlaufend[1]). Wie Liesegang's[2]) makroskopische Achatschichtung oder Kolloidbänderung ist die Entstehung auch dieser mikroskopischen Schichtung in das Gel-Stadium der Drusenfüllmasse zu verlegen (vergl. auch Schneiderhöhn, N. J. 1912, II, S. 12 ff.) und mit dem Austrocknungsvorgang des Opals in Beziehung zu bringen; die Folgen des Liesegang'schen Austrocknungsrhytmus haben den Entopalisierungsprozeß überdauert[3]). Nicht nur Schneiderhöhn und Hein (l. c.) haben derartig feine Schichtung der Chalzedonsphärolithe erwähnt, sondern auch schon Michel Lévy und Munier Chalmas (l. c. S. 162 ff.), welche

---

sierende Cholesterin (Gaubert, Bull. Soc. franç. de Min. **32**, 1909, Tafel 1) wird als leicht verbiegbar geschildert (Groth, Chem., Kristallographie III, S. 532).

[1]) Centralbl. f. Min. etc. 1910, S. 593; 1911, S. 497—507.

[2]) Zonar-konzentrische Anordnung der verschiedenen Sphärolithe und konzentrische Struktur des einzelnen Sphärolithen.

[3]) Andere Erklärungsversuche für die Achatschichtung (Wirkung von Form-Katalysatoren usw.) erwähnt Liesegang in „Die Achate", Doelter's Handb. d. Mineralchemie II, 2, 1913, S. 188. Ferner spricht er (Geologische Diffusionen, 1913, S. 92) von „rhytmischer Krystallisation" in oder ohne Beisein von Gelen. Die Zonen der Chalzedon- und Quarzin-Aggregate sind vielleicht z. T. Äußerungen eines solchen Rhytmus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einen Schichtabstand von etwa 10 μ fanden. WALLÉRANT (Bull. Soc. franç. de Min. **30**, 1907, S. 56) hat bei verschiedenen Substanzen auf das Zustandekommen solcher Zonarstruktur (zones troubles et limpides) und der Drillung aufmerksam gemacht. Unsere Schichten wurden bereits als noch nicht umgewandelter (schwach lichtbrechender), vielleicht in fester Lösung vorhandener Opal gedeutet; sie sind zu fein, um eine genauere optische Bestimmung zuzulassen — der Abstand der Linien beträgt im Mittel 2 μ (Schl. 1), ein Minimalabstand von 1,8 μ wurde in Schl. 16, Tafel 3, Fig. 3 gemessen, nur einzelne, gröbere Linien haben auch größere Abstände von einander (18 μ — vergl. etwa die zitierte Angabe von MICHEL LÉVY und MUNIER CHALMAS)[1]). Es wurde bereits der Umstand erwähnt, daß die Schichtung in zentrisch geschnittenen Sphärolithen sichtbar ist; diese zeigen sie deutlich auch nur in ihren peripheren Teilen (nur hier durchsetzt die Schichtung den Dünnschliff so gut wie senkrecht). Man erkennt bei Anwendung stärkerer Objektive und bei einer durch Abblendung gemäßigten Beleuchtung, daß immer eine Serie deutlicher Opalschichten mit einer Serie undeutlicher abwechselt, und daß jeder Ring eine sehr feine Zickzacklinie darstellt. Die Größenordnung dieser Zacken ist etwa die der Faserdicke und läßt keinen Vergleich zu mit der sehr viel gröberen Zackung der Drillungszonen, gegenüber welchen die strengere Parallelität und Konzentrizität der Opalschichtung augenfällig ist. Ein Zusammenhang zwischen der letzteren Struktur und der Drillung wäre etwa dadurch angedeutet, daß die erwähnten Serien deutlicherer Opalringe ziemlich regelmäßig zusammenfallen mit den Zonen maximaler Gangunterschiede und umgekehrt die dazwischen liegenden undeutlich geschichteten Zonen mit den Zonen minimaler Gangunterschiede; hierbei kommen 8—27 Opalschichten auf eine stark doppelbrechende Zone[2]). Weitere Beobachtungen über eine Abhängigkeit der Drillung von der Gelstruktur waren nicht zu erhalten, ebenso kein sicheres Urteil über eine bereits oben in Betracht gezogene Beziehung zwischen der Drillung und der gelblichen Trübung mancher Sphärolithe. Ein plausibler,

[1]) Mit einem Immersionssystem betrachtet, erscheinen unsere Schichten als dunkle Bänder von wenig über 1 μ Breite und mit $^3/_2$ mal so großen Zwischenräumen; Kreuzung der Nicols verändert die Dunkelheit der Schichten nicht.

[2]) Vergl. WALLÉRANT, l. c. „Les zones troubles et limpides correspondant à des orientations déterminées de la fibre".

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hypothetischer Zusammenhang ist der, daß Trübung, Zonarstruktur und Drillung der Chalzedonsphärolithe durch den Opalgehalt verursacht werden. Bei anderen gedrillten Substanzen sieht man die Ursache der Drillung in verunreinigenden Substanzen mit asymmetrischem Kohlenstoffatom, die in fester Lösung vorhanden sind (WALLÉRANT, Bull. Soc. franç. de Min. **30**, 1907; GAUBERT, dass. Bull. **32**, 1909, Nr. 9). Die Anzahl der Opalschichten in einem Sphärolith wurde im Maximum zu 108 festgestellt (Schl. 8a); in einer aus mehreren Sphärolithzonen bestehenden Druse (Gangfüllung) ließ ein quer zur Bohrgangachse geführter Schliff 145 Schichten erkennen (Schl. 16, Tafel 3, Fig. 3).

b) Der Gehalt der Chalzedonsphärolithe unsrer Drusen an wasserhaltigem Opal wird noch besonders wahrscheinlich gemacht durch das Verhalten der Dünnschliffe beim Erhitzen u. d. M.[1]) Es wurden 4 dünngeschliffene Chalzedonpräparate auf einem Quarzglas-Objektträger erhitzt und die Temperatur vermittelst eines Thermometers, das ebenfalls mit dem Quarzglasscheibchen in Berührung war, kontrolliert[2]); neben drei Stücken unseres Materiales wurde ein isländischer Chalzedon der Probe unterworfen. Von der bereits erwähnten Entfärbung der bitumenhaltigen Teile der Präparate abgesehen, fand die einzige Veränderung des mikroskopischen Bildes von Schliff 1a[3]) bei ca. 450° statt, indem der Chalzedon der Gangfüllmasse und einiger großer Holz-Lumina stark trübe und tiefbraun im durchfallenden Licht (matt weißbläulich im auffallenden Licht) wurde. Dabei blieb die Hauptmasse des nach Holzsubstanz pseudomorphen Chalzedons ebenso klar wie die Quarzaggregate, die stellenweis in den Schliffen auftreten; bei diesem Chalzedon war aber bereits nach Analyse I von vornherein kein wesentlicher Wassergehalt (und bei dessen Entweichen aus den Bohrgangsphärolithen fand die Trübung offenbar statt)[4])

[1]) Das bei Chalzedon-Analysen regelmäßig festgestellte Wasser wird zu einem mehr oder minder großen Teil auch adsorptiv gebunden gewesen sein — cf. LEITMEIER in „Chalzedon", DOELTER's Handb. d. Mineralchemie II, 2, 1913, S. 168 u. 169. Dieser Autor nimmt nur adsorptiv gebundenes Wasser an und stellt das Vorhandensein von Opalwasser in Abrede, mit Gründen, die nicht überzeugend sind.

[2]) Die Temperatursteigerung geschah bei diesen immerhin noch rohen Vorversuchen möglichst gleichmäßig; es war eine erhebliche Korrektion der abgelesenen Temperatur nötig (Differenz der abgelesenen und wahren Rotgluttemperatur).

[3]) Zeigte deutliche Opalschichtung!

[4]) cf. LACROIX, Mineralogie de France, III., S. 121 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vorauszusetzen, ebensowenig wie hier Drillung gefunden wurde. Schliff 1 b wurde nur bis ca. 400° erhitzt, wobei noch keine Veränderung des Chalzedons beobachtet wurde, dagegen eine Trübung des in diesem Schliff vorhandenen Quarzins (siehe unten) bei 375°. Mehrere Chalzedonpräparate wurden zwischen 460° und 530° trübe. Endlich wurde die Trübung des Isländer Chalzedons erst bei oberhalb 530° deutlich. Meist also war Rotglut-Temperatur (cf. Wallérant, Bull. Soc. Min. **20**, 1897 S. 52 ff. und Lacroix, Mineralogie de France, III, S. 121 ff.) nicht erforderlich. Die bezüglich des Eintritts der Erscheinung beobachteten Temperaturverschiedenheiten können verschiedene Gründe haben, außer Ungenauigkeit der Versuchsart z. B. den, daß verschiedene Wassergehalte des Opals in dem Material vorkommen[1]). In keinem Fall war die Trübung durch nachträgliches Imbibieren der erhitzten Präparate mit Wasser, Alkohol, Äther, Xylol oder Kanadabalsam rückgängig zu machen, welche Versuche tagelang fortgesetzt wurden, während Lacroix (l. c.) von einer Aufhellung in Alkohol und Kanadabalsam berichtet. Auch Kochen in Kanadabalsam half in unseren Fällen nicht. Daß für die Entwässerung des Materiales in gepulvertem Zustande und bei länger andauernder Wärmewirkung eine niedrigere Temperatur ausreicht, nämlich diejenige von 120° bei unseren obigen Analysen, ist erklärlich; nach Bischof, Lehrb. d. chem. u. physikal. Geologie, 2. Aufl., Bonn 1864, II, S. 840 gibt brauner Opal des Siebengebirges schon bei 100° viel Wasser ab.

Wenn die bereits mehrfach erwähnte schwach bräunlichtrübe Färbung, die manche Sphärolithe von vorn herein im Dünnschliff zeigen, auch bereits auf eine Verunreinigung durch Opal geschoben wurde, so muß jedenfalls die Verteilung des Opals hier eine andere sein als bei der mit keiner Trübung verbundenen Zonarstruktur. Auch das Vorkommen getrübter Sphärolithe ist innerhalb der Druse nicht ganz unregelmäßig sondern zonar geordnet wie die Opalschichtung, und wenn ein einzelner Sphärolith die Färbung nur stellenweise zeigt, so ist der betreffende Teil eine konzentrische Zone. In gewissen Fällen ist zu erwägen, ob als Ursache der Trübung nicht statt des Opals organische Substanz in Betracht kommt, nämlich bei den traubigen Sphärolithgruppen, die als Pseudomorphose nach Muschelschalen der Bohrwürmer erscheinen und die bräunliche Farbe trüber Medien zeigen (Schl. 10).

[1]) Anderorts wird auf weitere Versuche dieser Art einzugehen sein.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auch wurde bereits der Fall erwähnt (Schl. 17), daß die Sphärolithe braune bis schwarze Zentren haben — wahrscheinlich Bitumentröpfchen, die als Ansatzstellen für die Kristallisation fungierten.

Eine optische Erscheinung sei im Anschluß an die Drillung und die Opalschichtung erwähnt, die nur in zwei Schliffen studiert wurde (1 u. 16), wo sie wohl mehr zufällig auffiel. Die an den betreffenden Schliffstellen zu beobachtenden Sphärolithe erscheinen nicht halbkreisförmig oder gar kreisförmig umgrenzt sondern stellen, wie oben näher beschrieben, infolge ihrer gegenseitigen Begrenzung annähernd Trapeze dar; die mit ihren nicht parallelen Seiten aneinanderstoßenden Trapeze bilden ein Band, und die Fasern verlaufen annähernd senkrecht zur Bandrichtung. Man kann nun in diesen Bändern Interferenzfarben ohne Nicols erzeugen, wenn man den Beleuchtungsspiegel des Mikroskops so stellt, daß er im wesentlichen senkrecht zur Einfallsebene polarisierte Strahlen schräg durch das Objekt sendet, wobei man den Kondensor zweckmäßig fortläßt, und daß die Faserrichtung des Chalzedons in der Einfallsebene des Lichtes, also senkrecht zur Polarisationsrichtung, liegt. Die so polarisierten, schräg auf die Fasern auffallenden Strahlen werden in letzteren verschieden gebrochen, je nach dem durch die Drillung bedingten Wechsel ihrer optischen Eigenschaften, und können daher beim Austritt stellenweis miteinander interferieren unter Erzeugung farbigen Lichtes[1]). Daher treten senkrecht zur Faserrichtung verlaufende, abwechselnd violette und grünblaue Interferenzstreifen auf. Die anzunehmende Abhängigkeit der Farbbänder von den Drillungsphasen der Fasern verliert an Deutlichkeit durch weitere, mitspielende Bedingungen. Die farbigen Bänder sind nämlich ebenso kreisbogenförmig, für jeden Sphärolith konzentrisch und durch die Reihe der Sphärolithe kontinuierlich fortgesetzt wie die Opalschichtung und machen die grobe Zackung der Drillungszone zw. × Nicols nicht mit; es ist daher anzunehmen, daß die Reflexion der schrägen Strahlen an den vertikalen Wänden der Opalschichtung für das Zustandekommen der Erscheinung gleichfalls von wesentlicher Bedeutung ist[2]).

[1]) Eine für die Beobachtung günstige Konvergenz der mikroskopischen Linsensysteme ist gegeben durch Seiberts Objektiv II und Okular 2.

[2]) Eine verwandte, nicht identische Erscheinung ist der Pseudopolychroïsmus, der nach Gaubert, Bull. Soc. franç. de Min. **32**, 1909, Nr. 9 bei manchen klaren, ungefärbten Sphärolithen auftritt, und zwar besonders deutlich, wenn diese Sphärolithe auch gedrillt sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Eine untergeordnete Rolle spielt in den Bohrgangfüllungen die als **Quarzin**[1]) zu bezeichnende Erscheinungsform der $Si\,O_2$ mit folgenden Eigenschaften: Positiver Charakter der Sphärolithe (c // Faserachse); Interferenzbild der Faser wie dasjenige des Quarzes // c, woraus mit einiger Wahrscheinlichkeit die Einachsigkeit des Quarzins und der gleiche optische Charakter wie der des Quarzes (c // c) folgt, da sich eine ausgesprochene Zweiachsigkeit auch im Schnitt senkrecht zur stumpfen Bisektrix bemerkbar machen würde, indem analog den an Chalzedonsphärolithen geschilderten Erscheinungen durch Übereinanderschichtung divergenter Fasern im Dünnschliff der stumpfe Achsenwinkel scheinbar verkleinert werden würde; mithin würde eine Drillung um die Faserachse, wenn überhaupt vorhanden, an einem Wechsel des Gangunterschiedes nicht zu konstatieren sein, es herrscht im Verlauf der Faser ein $\pm$ gleichmäßiger Polarisationston. Die Doppelbrechung ist merklich höher als die des Chalzedons, und auch ein wenig höher als die des Quarzes (Tafel 3, Fig. 4)[2]). Die Lichtbrechung

[1]) Michel Lévy u. Munier Chalmas 1892 l. c.

[2]) Vom Standpunkte derer, die überall die einheitliche Modifikation des α-Quarz annehmen, hätte man beim Chalzedon die im Vergleich mit Quarz etwas niedrigere Doppelbrechung damit erklären mögen, daß die Zwischenlagerung bezw. die feste Lösung von Opal die Summe der Gangunterschiede in den einzelnen Chalzedon- (= Quarz-) Fasern nicht anwachsen ließe bis zum Gangunterschiede in einem die Dünnschliffdicke einnehmenden Quarzkristall; beim Quarzin bedürfte der umgekehrte Fall der Erklärung: trotz Faseraggregierung und Opalgehalt höhere Doppelbrechung. Hier müßte etwa eine Erhöhung der Doppelbrechung durch Spannung herrschen, die gerade bei der Ausbildungsform vorläge, die der Drillung entbehrt und vielleicht wasserreicheren Opal enthält. Eine andere Erklärungsmöglichkeit des Doppelbrechungsunterschiedes von Quarzin und Quarz, auf welche mich Herr Prof. Johnsen freundlichst aufmerksam machte, könnte darauf beruhen, daß durch die Übereinanderschichtung divergenter Quarzinfasern der Weg des außerordentlichen Strahles durch den Dünnschliff ein gekrümmter wird, daß mithin der Gangunterschied bei optisch positiven Faser-Kristallen vergrößert wird. Wenn man indessen berechnet, daß bei einem Neigungswinkel der Nachbarfasern von $^1/_2{}^0$, der eher zu groß als zu klein angenommen ist, $\acute{\varepsilon}$ von ε nur um eine Stelle in der 5. Dezimale, und der Strahl von der Wellennormale um weniger als 1′ abweicht, so zeigt sich, daß die Wegverlängerung und die dadurch bedingte Vermehrung des Gangunterschiedes nicht ins Gewicht fällt, namentlich nicht gegenüber dem Umstand, daß in einem Paket divergenter Fasern nicht die maximale Doppelbrechung stattfinden kann, die ein einheitlicher // c′ geschnittener Quarzkristall von entsprechender Dicke zeigen würde, welcher Umstand eine Verschiedenheit der Polarisationsfarbe in peripheren und zentralen Sphärolithpartieen bewirkt. Die Abweichung des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist schwächer als die des Quarzes und nicht viel stärker als die des Chalzedons (vergl. WÜLFING's Zusammenstellungen in Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. d. Wiss. math. naturw. Kl. 1911, Abh. 20 S. 5—7, woselbst die Daten über Quarzin nach WALLÉRANT, Bull. Soc. Min. **20**, 1897, S. 52 ff. zitiert werden). Daraus, daß die Lichtbrechung des Quarzins mit beiden extremen Brechungsexponenten derjenigen des Canadabalsams sehr nahe steht, dürfte sich erklären, daß die Quarzinsphärolithe beim Durchgang polarisierten Lichtes

---

Chalzedons und Quarzins vom Quarz hinsichtlich der Lichtbrechung läßt sich durch die Verunreinigung mit Opal erklären, der nach obigem wahrscheinlich in fester Lösung und außerdem noch in Zwischenlagerungen von ungefähr der Größenordnung der Lichtwellenlänge vorhanden ist. Dieser Erklärungsversuch findet sich angedeutet bereits bei HEIN (l. c. 188), welcher ihn seinerseits fälschlich WALLERANT (Bull. Soc. Franç. Min. **20**, 1897, S. 52 ff.) zuschreibt. Letzterer Forscher reduzierte zwar die Brechungsindizes des Quarzins nach Maßgabe des Dichteunterschiedes von Quarzin und Quarz, wobei er übrigens für die Dichte des Quarzes einen abnorm geringen Wert, 2,622, einsetzte, der dem mit Quarzin vergesellschafteten, vielleicht auch durch Opal verunreinigten Quarz eigen war, er faßte aber Quarz und Quarzin als zweierlei verschieden dichte Aufbaue aus denselben triklinen Quarzinelementen, also ohne Opalbeimischung, auf und legte seiner Rechnung das Gesetz GLADSTONE's über die Veränderlichkeit der Lichtbrechung mit der Dichte $\frac{n-1}{d}$ = const. zugrunde. Ich habe in die genaueste Formel (LANDOLT's) für die Lichtbrechungsverhältnisse von Mischungen $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{100}{d} = \frac{n_1^2-1}{n_1^2+2} \cdot \frac{p_1}{d_1} + \frac{n_2^2-1}{n_2^2+2} \cdot \frac{100-p_1}{d_2}$ die n_1- und d_1-Werte für reinen Quarz ($n_1 = 1{,}5442$ bezw. 1,5533; $d_1 = 2{,}657$) und die n_2- und d_2-Werte für wasserhaltigen Opal ($n = 1{,}4401$; $d_2 = 1{,}9$), sowie die Dichte d des von WALLÉRANT genau untersuchten Quarzinvorkommens (= 2,576) eingesetzt und die Brechungsindizes dieses Quarzins berechnet, wobei sich eine gute Übereinstimmung mit den von WALLÉRANT beobachteten Werten ergab. Für Chalzedon werden die entsprechenden Berechnungen anderorts nachgetragen werden. — Die Annahme der Modifikationseinheit findet sich in der neueren Literatur vertreten durch BECKENKAMP, 1901 (Z. f. Krist. **34**, S. 582), HEIN 1908, MÜGGE 1911, BRAUNS 1911, SCHNEIDERHÖHN 1912. BRAUNS scheint 1904 (N. J., Beilgbd. **21**, S. 455) mehr zu der Ansicht geneigt zu haben, daß wenigstens Chalzedon und Quarz verschiedene Modifikationen seien, deren eine, Chalzedon, sogar Verdrängungspseudomorphosen nach der anderen bilden könne, stimmt aber 1911 angesichts der Ergebnisse HEIN's (N. J., Beilgbd. **25**) und einer Bemerkung MÜGGE's (vergl. Ctbl. f. Min. etc. 19113, S. 193 u. 465) mit der gegenteiligen Ansicht der letzteren im wesentlichen überein; nur inhomogener, verunreinigter Quarz kann nach BRAUNS durch Chalzedon pseudomorphosiert werden. MÜGGE und SCHNEIDERHÖHN (N. J., 1912 II) sehen als wesentlichsten Unterschied zwischen Quarz und

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nicht derartige Brechungsunterschiede der Fasern // und ⊥ zum Polarisatorhauptschnitt zeigen, wie es nach dem Voraufgehenden beim Chalzedon der Fall.

In unseren Präparaten bleibt die Größe der Quarzinsphärolithe, die gleich den Chalzedonsphärolithen „zentrogen" sind, wesentlich hinter derjenigen der Chalzedonsphärolithe zurück (ca. 0,3 mm Faserlänge in Schl. 16, Tafel 3, Fig. 3, sonst ist 0,12 mm in Schl. 7 etwa ein Mittelwert). Die Faserdicke dürfte der des Chalzedons sehr ähnlich sein. Die Fasern sind weniger gleichmäßig divergent und gerade als diejenigen des Chalzedons, sie sind vielfach gebogen und kreuzen einander dann scharenweis. In dieser Biegung

---

Chalzedon den an, daß der Chalzedon durch das Stadium eines Hydrogels gegangen ist und die diesem Stadium eigene Kugelform eben durch seinen Faserbau pseudomorphosiert. Ob die in Quarz eingelagerten zweiachsigen Fasern, welche SCHNEIDERHÖHN beschrieben und als Chalzedon bezw. Quarzin gedeutet hat und welche in feinfasrige, z. T. zweiachsige Quarzmasse übergehen sollen, wirklich mit jenen zuerst von französischen Autoren unterschiedenen Erscheinungsformen der SiO_2 ident sind, erscheint zweifelhaft, da weder Lichtbrechungsunterschiede noch Doppelbrechungsunterschiede gegenüber Quarz vorzuliegen scheinen. — Die Durchsicht zahlreicher Chalzedonpräparate der Kieler Sammlung (Material zu den Arbeiten von BRAUNS und HEIN) läßt mich erwarten, daß die oben von mir hervorgehobenen unterschiedlichen Eigenschaften von Quarz, Quarzin und Chalzedon viel häufiger zu beobachten sind, als es nach der Literatur den Anschein hat, wenn auch die Verhältnisse selten so übersichtlich sind wie in den Dünnschliffbildern unseres Materiales. — Für die Entscheidung der Modifikationsfrage würde eine einwandfreie Feststellung des Verhaltens der fasrigen SiO_2 bei der Umwandlungstemperatur des α-Quarzes (573°) bedeutungsvoll sein. Die bisher darüber vorliegenden Untersuchungen widersprechen einander und sind im einzelnen nicht überzeugend, ganz abgesehen davon, daß das Untersuchungsmaterial besondere Schwierigkeiten bietet, indem es selten als Quarz-frei angesehen werden darf und kaum je als Opal-frei. LE CHATELIER hat 1890 (Bull. Soc. franç. de Min. **13**, S. 112) die Dichte-Änderung von Achat, Kreide-Feuerstein und versteinertem Holz (!) untersucht und glaubt eine entsprechende Diskontinuität gefunden zu haben wie bei der Quarzkurve, was aber aus den wenigen von ihm fixierten Daten nicht mit Sicherheit hervorgeht. Seine Beobachtungen an vorher stark erhitztem Chalzedonmaterial (Bull. 1890 u. Compt. Rend. **111**, 1890, S. 124) scheiden für unsere Frage aus. G. STEIN fand (Z. f. anorg. Chemie **55**, 1907, S. 159 ff.) eine kontinuierliche Änderung der Eigenschaften des Feuersteins zwischen 100° und 600°. Außerdem fand er bei 173° eine Diskontinuität der Chalzedonkurve, die möglicherweise auf Wasserabgabe beruht. LASCHTSCHENKO gibt ähnliche Zahlen (224°—230°, Journ. Ruß. Phys.-Chem. Ges. **42**, S. 1604—14) für einen Diskontinuitätspunkt der Kurve der spezifischen Wärme des Chalzedons. Verf. beabsichtigt neue Versuche in dieser Richtung u. zw. mit reinem Chalzedon.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

um eine annähernd mit a zusammenfallende Richtung ist eine Analogie zum Quarz zu erkennen, ebenso wie oben eine solche in der Drillung des Chalzedons gefunden wurde. Eine Opalschichtung wie die der Chalzedonsphärolithe fehlt hier. Dagegen findet sich in mehreren Fällen (Schl. 16, Tafel 3, Fig. 3, Schl. 1b und 1c), die auch beim Chalzedon erwähnte gelbliche Trübung in durchgehendem Licht. Und die beschriebenen Erhitzungsversuche ergaben das wahrscheinliche Vorhandensein von Opal durch eine starke Trübung (Undurchsichtigkeit) die in den Quarzinaggegraten bei ca. 375° begann und bei 450° vollständig war (Schl. 1b und 1c). Das im Vergleich mit dem Chalzedon frühe Eintreten der Erscheinung ist vielleicht auf besonders reichlich in den betreffenden Sphärolithen vorhanden gewesenes Opalwasser zurückzuführen, auch waren sie, wie erwähnt, bereits von vornherein schwachgelblich. Quarzin kommt ganz wie Chalzedon sowohl als Füllmasse der freien Hohlräume der Bohrgänge (Schl. 7, 8, 16) vor als auch als Pseudomorphose nach tierischer Substanz in eben den Bohrgängen (Schl. 6, 11, 18). Die gelbliche Trübung in manchen der letzteren Fälle könnte wiederum von organischer Substanz, statt von Opal herrühren.

Die Durchtränkung und die so gut wie gleichzeitig beginnende Pseudomorphosierung der pflanzlichen und tierischen Substanz durch $Si\,O_2$-Gel muß sehr frühzeitig eingesetzt haben, d. h. unmittelbar nach oder gar während des Überganges des Treibholzes in den Bereich der Sedimentation, das ist mit Notwendigkeit zu folgern aus der ausnahmsweise vollständigen Erhaltung pflanzlicher und sogar tierischer Gewebestrukturen und aus den geringen Lageveränderungen loser oder beweglicher Teile. Auch die Entwässerung des Gels und die Kristallisation muß früh nachgefolgt sein [1]), da die Druckwirkung während der fortgesetzten Sedimentation nur noch geringe Einwirkung (im Holz) hatte, und da bei der Innenschrumpfung des in den größeren Hohlräumen verbliebenen oder angesammelten Gels Lumina entstanden, die eine gewisse Festigkeit der Umgebung, d. h. der verkieselten Holzsubstanz voraussetzen. Für den frühzeitigen Beginn der Verkieselung spricht auch ihre große Gleichmäßigkeit. Solche ist bei nicht primärer Verkieselung selten, vielmehr zeigt sich hierbei die unten noch

[1]) H. Leitmeier („Chalzedon", Handb. d. Mineralchemie, II, 2, 1913, S. 177) spricht davon, daß man Chalzedon unter Umständen als in statu nascendi krysiallin gewordenes Gel auffassen kann.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zu erwähnende ungleichmäßige Art der Verkieselung häufig. Die vollständige, einheitliche Erfüllung der organischen Gerüste mit dem ursprünglichen Gel verhütete wiederum, daß bei dem nachfolgenden Krystallisationsprozeß organische Strukturen zerrissen wurden.

Die vergleichsweise untersuchten versteinerten Hölzer des Lägerdorfer Senons sind vielfach von dicken Feuersteinschalen umgeben und doch im Innern nicht so vollständig und gleichmäßig verkieselt wie unser Geschiebeholz. Bei jenen handelt es sich mehr um eine bloße Ausfüllung der Zell-Lumina als um Verkieselung der Membranen; die Chalzedonaggregate zeigen in ihrer Umgrenzung meist deutliche Abhängigkeit von den Geweberäumen außer in zwei Präparaten, die wohl früh verkieselten peripheren Partieen angehören und Sphärolithe mit einem durch die Holzstruktur unbehinderten Wachstum gleich unserem Funde zeigen. Mehrfach liegt ganz unverkieselte Braunkohle im Innern von Feuersteinkonkretionen, häufig enthält die Braunkohle Quarzeinsprenglinge ($\pm$ R, ∞ R), welche einerseits Holzfasereinschlüsse führen, anderseits aber beim Wachstum die umgebende Kohlensubstanz zur Seite gedrängt haben. Solche Funde können vielleicht als Beispiel sekundärer Feuersteinbildung (im Verlaufe einer Diagenese) angesprochen werden, unser Kieselholz muß dagegen als ein Feuersteingebilde primärer Entstehung gelten. Damit verbinden sich chemische Vorstellungen über die Ausflockung von Kieselsäure am Meeresgrunde, wie etwa die Hanssen's (Dissert. Kiel 1901 [1]), die nach Lacroix (Mineralogie de France III, S. 150 1901) der bestätigenden Beobachtung in der Natur entbehren, weswegen er und vielleicht auch schon Bischof in seinem Lehrbuch (II, S. 487) der Annahme sekundärer Feuersteinbildung den Vorzug gaben; indessen spricht neuerdings wieder Andrée (über Sedimentbildung am Meeresboden, geol. Rundschau **3**, 1912, S. 355) davon, daß kolloidalgelöstes Si O_2 durch Salze zum Ausflocken gebracht werde. Andernfalls müßte in frisch sedimentiertem Sandschlamm des Meeresbodens Si O_2-Lösung so reichlich zirkulieren, daß eine schnelle Versteinerung des Holzes stattfinden konnte. Nach Andrée, der sich wieder auf Sterzel bezieht, (Tscherm. min. und petr. Mitt. **28**, 1909, S. 535 ff.) zeigt pflanzliche Substanz eine große Anziehungskraft für Versteinerungsmittel.

[1]) Schriften d. Naturw. Vereins f. Schesw.-Holst. **12**, 2.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die **Quarze** der Bohrgangfüllungen treten, wie erwähnt, hauptsächlich als letzte Ausscheidung in zentralen Partieen der Drusen auf (Tafel 3, Fig. 3), gelegentlich auch schon in einer älteren Generation, in zentrifugaler und zentripetaler Richtung an Sphärolith-Bildungen grenzend (Schl. 1 u. 8, Tafel 3, Fig. 4). Hervorzuheben ist eine in mehreren Fällen beobachtete Besonderheit dieser Quarze (in Schl. 8 bei älterem Quarz, in Schl. 9 beim Quarz der zentralen Drusenzone, ähnlich in Schl. 15, 15a, 27 und 28), nämlich ein zonarer Bau. In mehrfacher Hinsicht der Opalschichtung der Chalzedonsphärolithe ähnlich, zieht sich durch die Quarzreihen kontinuierlich eine Schar paralleler Linien, genauer betrachtet dünne Schichten mit schwächerer Lichtbrechung, hindurch, die jeweils der Umgrenzung des einzelnen Kristalls parallel laufen. Auch hier liegt die Annahme feiner Opal-Lagen nahe, wenngleich hier mit der Anwendung der LIESEGANG'schen Erklärungsweise für Kolloidbänderung bei weitem nicht alles getan ist. Der Zonenbau ist am deutlichsten in Schl. 9 und beschränkt sich dort auf die distalen, d. h. dem Drusenzentrum zugewandten Partien der Quarze, wie auch die Opalschichtung der Chalzedonsphärolithe wesentlich ihre peripheren Teile auszeichnete. [Vergl. zu den zonar gebauten Quarzen die obigen Bemerkungen über den Blauquarz: in beiden Fällen ein wahrscheinlicher Opalgehalt des Quarzes; auch lokale Trübungen in den Quarzzonen erhitzter Dünnschliffe lassen auf Opalgehalt schließen.]

Für den stellenweis in den Bohrgangfüllungen auftretenden **Pyrit** und **Markasit** gilt die mikroskopische Beschreibung der entsprechenden Vorkommnisse im Kieselholz.

Das $Ca\,CO_3$ der Bohrwurmröhren, die im zoologischen Teil mikroskopisch beschrieben, wurde im Anfange des chemisch mineralogischen Teiles mit **Kalzit** identifiziert. Diese Röhren kleiden, wie schon erwähnt, die Bohrgänge aus und wurden von den Bohrwürmern ausgeschieden; sie bestanden ursprünglich aus Kalk und organischer Substanz (Conchiolin), welch' letzterer Bestandteil in erster Linie von Chalzedon pseudomorphosiert wurde. Ersterer bildet mikroskopische Blätter- und Pfeiler-Aggregate, d. h. Kalzitschüppchen // 0001 schichten sich zu Pfeilern übereinander, die // c = a gestreckt sind und im Röhrenquerschnitt radial nebeneinander liegen (Tafel 1, Fig. 4). Polarisiertes Licht, welches diese Aggregate durchdringt, erzeugt bei den Pfeilern, deren Achse // dem Polarisatorhauptschnitt liegt, stark hervortretende Längskonturen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welche Beobachtung ganz derjenigen an negativen Kalzitsphärolithen entspricht und hinsichtlich der Lage der hervortretenden Fasern entgegengesetzt ist der entsprechenden Erscheinung bei unseren negativen Chalzedonsphärolithen; die Ursache dieser Erscheinungen ist immer die Verschiedenheit der außerordentlichen Brechungsexponenten (siehe bei Beschreibung des Chalzedons), nur deren Orientierung gegenüber der Faserrichtung dieser beiden verschiedenen Arten negativer Sphärolithe ist verschieden. Feine Zwischenräume zwischen den Blättchen eines Kalzitpfeilers setzen oft in die benachbarten Pfeiler über, sodaß konzentrische Zonen entstehen, die wahrscheinlich den ursprünglichen, organogenen Anwachszonen entsprechen. Diese Zonen treten u. d. M. bei Einschaltung eines Nicols stark hervor, wenn die Pfeilerachsen senkrecht zum Nicolhauptschnitt liegen (Tafel 1, Fig. 4). Die Ursache ist der Brechungsunterschied der ordentlichen Strahlen des Kalzits und des in den konzentrischen Zwischenräumen hindurchziehenden Chalzedons oder des Kanadabalsams, der an die Stelle herausgeschliffener Kalzitblättchen getreten sein mag. Auch ein Teil des ursprünglichen Kalzits der Röhren, nicht nur deren oben erwähnte organische Grundsubstanz, wurde durch Chalzedon, seltener durch Quarzin pseudomorphosiert, wobei übrigens die beschriebene Struktur der Röhrenwände nicht wesentlich geändert oder verwischt worden ist, wie der Vergleich mit rezentem Materiale zeigte. Selbst, wo die Pseudomorphosierung $\pm$ vollständig ist, ist noch ein feiner Schalenbau erhalten, der sogar im Chalzedon deutlicher als im Kalzitaggregat erscheint und jedenfalls auf die organische Grundsubstanz der Hartgebilde zurückzuführen ist (Tafel 1, Fig. 4). Die Zahl der fraglichen Schichten betrug in dem daraufhin am genauesten geprüften Schl. 7 etwa 40. Die oben erwähnten konzentrischen Anwachszonen der Kalzitmasse stellen eine gröbere Nachprägung der Conchiolinschichten dar und sind daher geringer an Zahl. Geschichtet ist auch das chalzedonisierte Periostrakum der Röhren, ihre äußere, einst nur aus organischer Masse aufgebaute Schicht, die in unseren Schliffen meist eine gelbliche Färbung besitzt (Schl. 3 u. 17).

Die Muschelschalen, die in einigen Schliffen getroffen sind (vergl. den zoologischen Teil) bestanden ursprünglich aus Aragonit, wie die Untersuchung rezenter Teredo-Schalen wahrscheinlich macht. Hierfür spricht außerdem die Beobachtung an unseren fossilen Schalen, daß sie viel weitgehender chalzedonisiert sind als der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Kalzit der Röhrenwände, nämlich nahezu restlos. Während des Pseudomorphosierungsprozesses wurde die hier vorgelegene Modifikation von $CaCO_3$ schneller und gründlicher aufgelöst als der Kalzit aus den Röhrenwänden, solches Verhalten spricht für Aragonit[1]). An die Stelle des Lamellenbaues der Schalen sind meist unregelmäßig-traubige Faser-Aggregate von Chalzedon getreten (Tafel 3, Fig. 1), nur selten regelmäßige, größere Sphärolithe.

Von den Resten **organogener Substanz** und Struktur, die das mikroskopische Bild der Bohrgänge zeigt, ist bereits das Conchiolin und das Periostrakum der tierischen Hartteile behandelt worden. Daß auch Weichteilreste einen die gröberen Strukturen erhaltenden Versteinerungsprozeß durchgemacht haben, wurde bereits im poläozoologischen Teil der Arbeit gebührend hervorgehoben. Hier sei die Verschiedenheit der vorliegenden Fossilisationsprodukte der Pflanzen- und Tier-Leiber gekennzeichnet: im ersten Falle eine anscheinend dilut (braun) färbende Substanz, im zweiten Falle gelblich bis schwarz-braun gefärbte deutlich gefaserte oder fein gekörnte Verunreinigung der SiO_2-Ausscheidungen. Auch das Verhalten beim Erhitzen ist verschieden: die braune Farbe des Kieselholzes verschwindet bei 190 — 260°, die tierischen Reste veränderten sich bis 460°, wo infolge von Trübung des Chalzedons die Beobachtung unmöglich wurde, kaum merklich. Ein Vergleich der verschiedenen Ausgangsstoffe mag durch folgende Elementar-Analysen rezenten Holzes und eines rezenten nahen Verwandten von *Teredo* vermittelt werden[2]):

Es ergab die aschefreie Substanz:

	I. eines Holzes:	II. des Weichkörpers von Mya:
C	49,9 — 56,9 %	51,3 %
H	6 — 6,6 %	7,1 %
N	0,9 — 1,5 %	12,4 %
O	37,4 — 43,1 %	29,3 %

Die Vergesellschaftung der verschiedenen Mineralbestandteile der Bohrgangfüllungen ist interessant, namentlich das Nebeneinander von Chalzedon, Quarzin und Quarz. Für die zonare Anordnung der Gangfüllungen oder Drusen ist charakte-

[1]) Auch die vereinzelt übrig gebliebenen Kalkschüppchen dürften heute der Modifikation des Kalzits angehören, was leider nicht festzustellen war.

[2]) Nach J. Wiesner, d. Rohstoffe d. Pflanzenreichs 2. Aufl. 1903, II, S. 40 und Delff, Beitr. z. Kenntn. d. chem. Zusammens. wirbell. Meerest., Wissensch. Meeresunt. Kgl. Kommiss. Abt. Kiel, **14.**

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ristisch, daß in ein und derselben Zone, also in einer und derselben Generation der Gangfüllmasse, nur einer jener drei Bestandteile aufzutreten pflegt[1]). Nicht alle Bohrgänge sind einheitliche Achatdrusen in dem oben gekennzeichneten Sinne der strengen Konzentrizität der Ausscheidungen, manche sind gekammert, etwa durch hineingeratene Schalen- und Röhrenfragmente und bieten unsymmetrische Bilder mit unregelmäßig ausgebildeten Zonen in den einzelnen Drusenkammern. An den regelmäßigeren Fällen, den früher schon geschilderten „Idealfällen von Festungsachat", wurden folgende zenare Ausscheidungsfolgen beobachtet: In Schliff 8 (Tafel 3, Fig. 4) folgt von der Peripherie nach der Achse des Bohrganges, also dem Alter nach: Chalzedon, Quarz, Quarzin, Chalzedon, Quarz. Die Abbildung zeigt, wie jeder Quarzinsphärolith als halbkugelähnliche Kappe auf einem Quarz aufsitzt, derart, daß sein Zentrum ungefähr mit der Polecke von R des Quarzes zusammenfällt, und die Fasern ein wenig in den Quarz hineinragen, wie ferner die Mehrzahl der Faserachsen normal zu R des Quarzes liegt (vergl. hierzu Lacroix, Mineralog. de France III, S. 122 u. S. 130, Fig. 2). Dem Anschein nach liefert dann jeder Quarzinsphärolith in der nächsten Zone einen Chalcedonsphärolith sozusagen als konzentrischen Wachstumsring, in Wirklichkeit nehmen auf der Kugeloberfläche des Quarzinsphärolithen viele, sehr dicht gedrängte und deshalb sehr spitzwinklige Chalzedonsphärolith-Sektoren ihren Ursprung. Eine etwas andere Zonenfolge findet sich in Schl. 7: Chalzedon (mehrere Lagen), Quarzin, Chalzedon, Quarzin, Chalzedon, Quarz; und ähnlich in Schl. 16 (Tafel 3, Fig. 3): Chalzedon (2 Lagen), Quarzin (er bildet keine zusammenhängende Zone sondern vereinzelte, dem Chalzedonzylinder aufsitzende Sphärolithe), Chalzedon, Quarzin, Chalzedon, Quarz. Die einzelnen Quarzin-Halb-Sphärolithe haben in ihren Zentren kleine Fasergruppen von Chalzedon, die Herausragungen aus der peripheren Chalzedonzone bilden und so den Ansatz von Quarzin begünstigten. In Schliff 1b und 1c liegt eine wiederum andere Zonenfolge vor: Chalzedon, Quarzin, Quarz[2]). Aus der Literatur

[1]) Königsberger und Müller erwähnen (Ctbl. f. Min. etc. 1906, S. 339) bei mehreren künstlichen Darstellungsversuchen ein Nebeneinander von Quarz und Chalzedon, wobei immerhin die strenge Gleichzeitigkeit der Entstehung noch fraglich erscheinen kann.

[2]) Letztere Zonenfolge ist vielleicht die häufigste, doch ist die Quarzinzone oft so schmal und gegen den zuletzt ausgeschiedenen Quarz so unregelmäßig abgegrenzt, daß sie sich der Beobachtung leicht entzieht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sind folgende Reihenfolgen zu entnehmen: Chalzedon, Quarzin (Michel Lévy u. Munier Chalmas, Bull. Soc. franç. de Min. 1892, Tafel 1, Fig. 7); Quarz, Chalzedon, Quarz (Brauns, N. J. Beilgbd. 21, 1904, Tafel 29, Fig. 1); Chalzedon, Quarzin, Chalzedon (Hein, N. J. Beilgbd. 25, 1908, Tafel 6, Fig. 1)[1]); Quarz, Quarzin, Chalzedon, Quarzin, Chalzedon (Schneiderhöhn, N. J. 1912, II, Tafel 4, Fig. 9). Eine besonders merkwürdige Zonenfolge zeigt das von Hein beschriebene Vorkommen von Hinajosa de Corboda, Spanien (l. c. S. 214 u. 215, Tafel 7, Fig. 3), nämlich Quarz, Quarzin und danach 35 mal abwechselnd Chalzedon in schmalen Bändern und Quarzin in breiteren Bändern. Ein von Hein (l. c. S. 212) untersuchtes holsteinisches Feuersteingeschiebe zeigt die Zonenfolge: Quarz, Chalzedon, Quarzin, Chalzedon. Die Reihenfolge dieser Ausscheidungen scheint danach keine gesetzmäßig beschränkte zu sein. Die Regelmäßigkeit des Baues gerade unserer Drusen beruht in der Ausbildung der einzelnen Zonen, in denen nur Sphärolithe einer Art, mit gleicher Wachstumsgeschwindigkeit, meist gleicher Wachstumsdauer, gleicher Entstehungszeit und entsprechender Lage der Wachstumszentren auftreten und einander ebenflächig — im kreisförmigen Drusenquerschnitt bei konzentrischer Anordnung der Wachstumszentren radial — begrenzen (vergl. Popoff, eine neue Untersuchungsmethode sphärolithischer Bildungen, Tscherm. Mitt. **23**, S. 153—179)[2]). In dem regelmäßigsten Drusenquerschnitt (Schl. 8 a u. 8 b) erscheinen die Sphärolithe als sehr schmale Kreissektoren; von 54 peripher angelegten Sphärolithen einer Chalzedonzone von Schl. 8 b erreichen 25 die Grenze gegen die nächstjüngere Zone (Quarz), alle diese entstanden also gleichzeitig in gleicher Entfernung vom Drusenzentrum d. h. der Gangachse, und hatten daher radiale Begrenzungsebenen.

Zusammenfassung der mineralogischen Untersuchungsergebnisse.

Die Füllmasse in den Bohrgängen des untersuchten Kieselholzes besteht hauptsächlich aus Chalzedon, Quarzin und Quarz.

[1]) Von Hüttenberg i. Kärnten; bei diesem Vorkommen zeigt auch der Quarzin Opalschichtung.

[2]) Allgemein haben benachbarte gleichartige, gleichzeitig entstandene zentrogene Sphärolithe ebene, zu den beiden Zentren symmetrisch gelegene Begrenzungsflächen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Unter den Quarzen kommen selten Blauquarze mit dem Blau trüber Medien vor. Im Dünnschliff zeigen einige Quarze einen zonaren Bau, der wahrscheinlich auf Einlagerung dünner Opalschichten zurückzuführen ist, wie auch als trübendes Medium obiger Blauquarze Opal angenommen werden darf.

Der Chalzedon, der Hauptbestandteil der Gangfüllungen, und der Quarzin unterscheiden sich nicht nur durch den optischen Charakter der Sphärolithe, sondern sind auch unter sich und vom Quarz durch Lichtbrechung und Doppelbrechung verschieden; neben diesen Unterschieden besteht anscheinend Übereinstimmung hinsichtlich der optischen Einachsigkeit, des positiven Charakters, der Biegung bzw. Drillung um a und der Aufnahmefähigkeit gegenüber Opal. Das vom Verf. untersuchte Material zeigt eine deutliche Trennung der drei Drusenbestandteile nach Zonen, deren Aufeinanderfolge keine erkennbare Gesetzmäßigkeit besitzt. Die Annahme, daß Quarz, Chalzedon und Quarzin drei selbständige Modifikationen von Si O_2 sind, ist bei dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, wenngleich der Versuch, die optischen Eigentümlichkeiten von Chalzedon und Quarzin durch ihren Opalgehalt zu erklären, zum Teil gelungen ist. Die Drillung um die Faserrichtung, die sich beim Chalzedon seiner optischen Orientierung zufolge durch extremen Wechsel der Polarisationsfarbe äußern muß, steht möglicherweise im Zusammenhange mit dem nachweisbaren Opalgehalt, dem mit ziemlicher Bestimmtheit auch die mikroskopisch feine Zonarstruktur des Chalzedons — wohl ein Spezialfall der Liesegang'schen Gelstruktur — und die Farbe trüber Medien in manchen Sphärolithen von Chalzedon und von Quarzin zuzuschreiben ist.

Die teils dem Chalzedon, teils dem Quarzin zugehörigen Sphärolithe der Drusenfüllungen sind sämtlich zentrogen, die aus Sphärolithen einer Art und meist einer Generation aufgebauten Zonen der Drusen koriogen, d. h. von zentripetaler Wachstumsrichtung, der daraus resultierende Typ des Festungsachates findet in dem untersuchten Material äußerst regelmäßige Vertreter.

Die Schalen des rezenten Schiffsbohrwurms *(Teredo)* bestehen wesentlich aus Aragonit, die Bohrgangauskleidung ist aus Kalzitpfeilern // ć zusammengesetzt. Von den entsprechenden Hartgebilden des fossilen Teredo haben sich die Aragonit-haltigen gegenüber dem pseudomorphosierenden Chalzedon bzw. Quarzin unbeständiger erwiesen als die Kalzit-haltigen. Die Pseudo-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

morphose ist bei allen organischen Hart- und Weichteilen eine chemische Verdrängungspseudomorphose, z. T. mit Spuren mechanischer Verdrängung.[1])

Die von der ursprünglichen Pflanzensubstanz des Kieselholzes herrührenden organischen Stoffe unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von den in den Bohrgängen vorhandenen Fossilisationsprodukten tierischer Weichteile, obwohl beide unter den gleichen Bedingungen versteinerten.

Den Versteinerungsprozeß zeichnet ein sehr früh eingetretenes Stadium allgemeiner Opalisierung als ein Beispiel primärer Feuersteinbildung (Hanssen 1901) aus, die jedenfalls neben einer während der Diagenese des betr. Sedimentes stattfindenden Feuersteinbildung als möglich angenommen werden muß.

Geschichte der Fossilreste auf Grund der paläontologischen und mineralogischen Untersuchungen[2]).

Ein Stammstück eines auf einem senonen Festlande des Balticums gewachsenen Lauraceenholzes gelangte, ohne einer durchgreifenden mechanischen oder chemischen Zerstörung ausgesetzt gewesen zu sein, ins Meer und wurde dort von *Teredo cf. grandis* Holzapf. besiedelt. Darauf muß sein Treibholz-Dasein ein plötzliches Ende genommen haben denn es wurde mitsamt seinen Bewohnern, nachdem es etwa in einem Sturm gestrandet war und infolge Belastung mit Sandschlamm etc. die Schwimmfähigkeit verloren hatte[3]), in ± küstennaher Sedimentationszone des Senon-

[1]) Diese Feststellung, schon von A. Petzhold 1835 nachdrücklich betont, allerdings nicht auf verkieseltes Holz ausgedehnt, bedarf nur deswegen noch einer Erwähnung, weil Holroyd u. Barnes (Traus. Manchester, Geol. Soc. **26**, 1899) es bestritten, daß organische Kalkgebilde durch SiO_2 pseudomorphosiert werden könnten, da sie Quarz auf Kalzit aufgewachsen beobachtet haben.

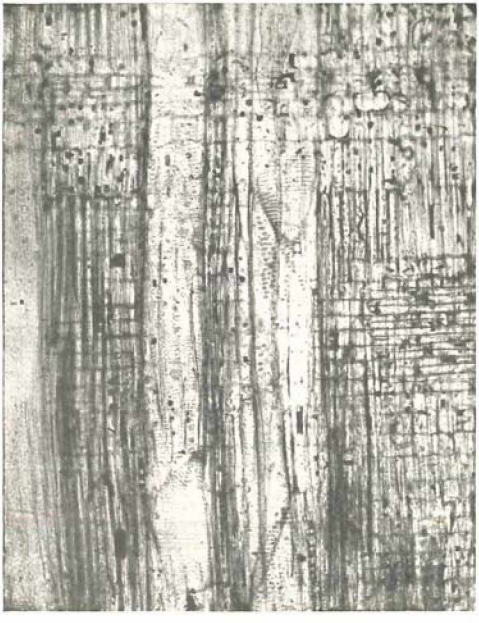
[2]) Ein Résumé über die Hauptergebnisse der mineralogischen Untersuchungen ist unmitttelbar vorstehend gegeben, während die Untersuchungsergebnisse der kürzeren paläobotanischen und paläozoologischen Kapitel in diesen selbst durch gesperrten Druck hervorgehoben sind.

[3]) Der Vorgang ereignet sich offenbar nicht selten; selbst am Strande der Ostsee findet man nach stürmischen Tagen angespültes Treibholz mit noch lebenden Teredonen. Auch H. Vater schreibt den von ihm beschriebenen senonen Treibhölzern Harzburgs (Z. d. D. g. G. 1884) solches Schicksal zu.

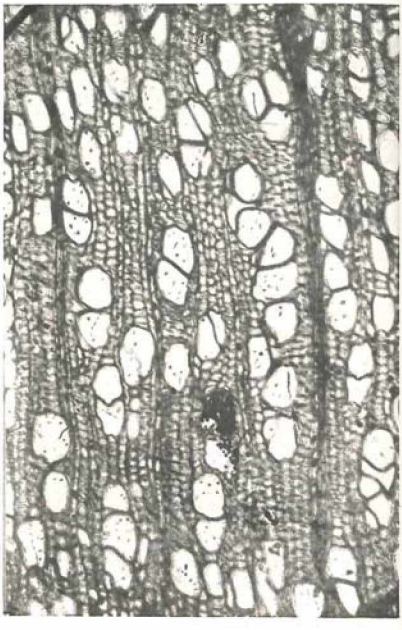
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

meeres begraben, wo in $Si\,O_2$ reicher Fazies inzwischen eine ungemein rasche und gleichmäßige Durchtränkung der organischen Bestandteile mit $Si\,O_2$-Gel selbst die leicht zersetzlichen tierischen Reste konservierte. Den Opal ersetzten überall und im gleichen Zeitintervall kristallisierte, fasrige Modifikationen von $Si\,O_2$. Die Ausfüllungen der Bohrganghöhlungen im Holz, die durch Schrumpfung des Kieselsäuregels unvollständig geworden waren, wurden nachträglich durch neue Infiltrationen und Ausscheidungen wieder vervollständigt. Der Abschluß der so entstehenden konzentrischen Zonenfolge geschah meist durch eine Quarzzone, nachdem auch zwischendurch schon stellenweis eine Quarzlage aus verdünnterer Lösung ausgeschieden war. Die Vergletscherung, welche die mächtige obere Grundmoräne der Umgegend von Kiel zurückgelassen hat, lagerte auch das harte Kieselholz, das bei der Ausräumung des baltischen Senongebietes mitgeschleppt war, von neuem in einem schützenden Gesteinsmantel ab, aus dem es in unverwittertem Zustande, wie ihn das Feuersteinmaterial in tiefen Lagen des Geschiebemergels hat, durch die Trockenbaggerung befreit wurde.

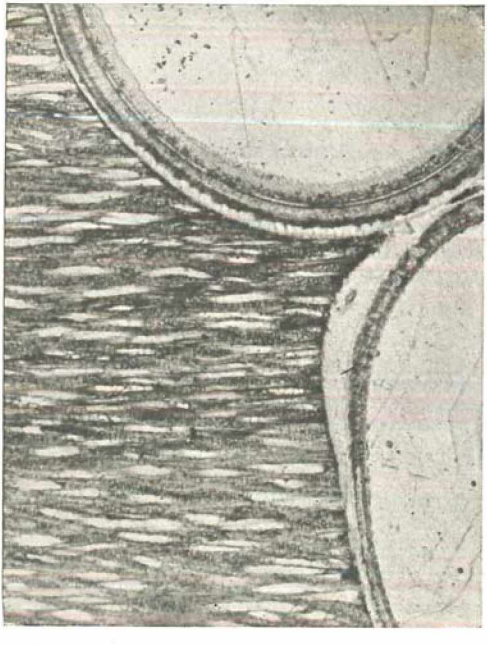
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



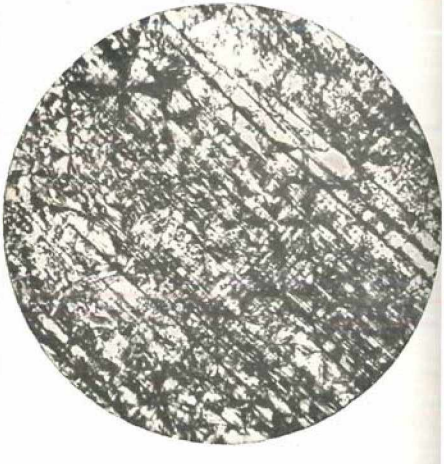
1.



2.



4.



3.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Erklärungen der Tafeln.

Tafel I.

Figur 1. Radialer Längsschliff durch *Laurinium Haasi* n. sp. (Schliff 11). Vergr. 72 linear, gewöhnl. Licht. — Teile zweier Markstrahlen mit verschieden hohen Zellreihen kreuzen die Gefäße, die meist zu mehreren radial nebeneinander verlaufen. Markstrahltüpfel. Leiterförmige Querdurchbrechungen der Gefäße. S. 23.

Figur 2. Querschliff durch *Laurinium Haasi* n. sp. (Schliff 2). Vergr. 56 linear, gewöhnl. Licht. — In radialer Richtung (vertikal) umfaßt das Bild einen Jahresring, in tangentialer Richtung etwa 8 Markstrahlen verschiedener Dicke. Druckerscheinungen. S. 22.

Figur 3. Radialer Holz-Längsschliff (Schliff 11). Vergr. 33 linear, gekreuzte Nicols. — Große, ungewöhnlich regelmäßige Chalzedonsphärolithe durchsetzen die organische Struktur. S. 39.

Figur 4. Annähernd tangentialer Holzlängsschliff mit zwei quer getroffenen, aneinanderstoßenden Bohrgängen von *Teredo* cf. *grandis* Holzapf. (Schliff 7). Vergr. 16,5 linear, 1 Nicol. — Die die Gangwände auskleidenden Kalzitröhren sind teilweise (an den lichten Stellen) durch Chalzedon pseudomorphosiert, zeigen dabei aber noch den feinen Schichtbau des tierischen Conchiolins. Die Kalzitpfeiler der Röhren treten mit deutlichen Grenzen hervor, wo sie // dem Hauptschnitt des Nicols liegen, die sie durchsetzende konzentrische Anwachsschichtung tritt hervor, wo die Pfeiler ⊥ zu dieser Richtung liegen. Chalzedonschichten außerhalb und innerhalb der Kalkröhren. S. 30 u. 50.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Tafel II.

Figur 1. Teil eines Bohrgang-Schliffes mit kotartigen organischen Resten (Schliff 16). Vergr. 240 linear, gewöhnl. Licht. — Bündel mazerierter Holzfasern, feine Kalzitausscheidungen und links oberhalb der Mitte Pilzfäden in der Chalzedongrundmasse. S. 29 u. 30.

Figur 2. Bruchstück des Kieselholzes in natürlicher Größe; ein Bohrgang (links oben), dessen Chalzedonkruste entfernt worden ist, zeigt eine Ring-Skulptur. S. 27.

Figur 3. Inneres Ende eines Bohrganges, Chalzedonfüllung z. T. aufgemeißelt; darin die beiden teilweise freigelegten, skulpturierten Schalenklappen von *Teredo* cf. *grandis* Holzapf. — Vergr. 5,7 linear. Die Beleuchtung des Objektes geschah durch indirektes Licht. S. 28.

Figur 4. Stück des Kieselholzes, in welchem die sich erweiternden Bohrgänge in die Faserrichtung des Holzes umbiegen; die Partie des Stückes, welche zur Außenzone des Treibholzes gehört, zeigt weiße Farbe. — Natürliche Größe. S. 30 u. 33.

Figur 5. Stück des Kieselholzes in natürlicher Größe mit einem extrem dicken Bohrgang. S. 27.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



1.



2.



3.

4.





5.

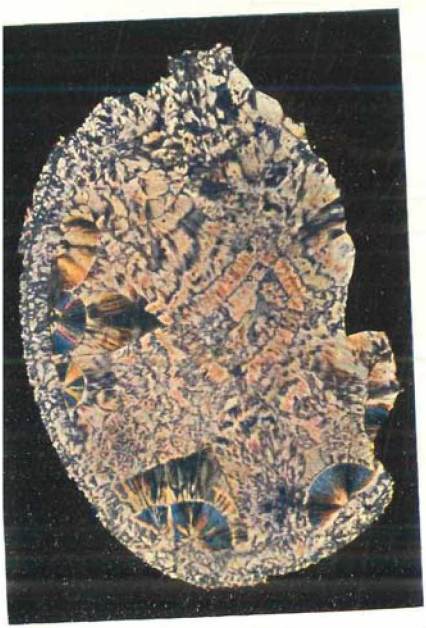
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



1.



2.



3.



4.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tafel III.

Figur 1. Querschliff durch einen Bohrgang mit Schalen- und Weichteil-Resten von *Teredo* cf. *grandis* HOLZAPF. in der Chalzedonmasse (Schliff 10b). Vergr. 6,4 linear, gewöhnl. Licht, Aufnahme auf eine Lumière'sche Autochromplatte. — Die Wirbelregion des Tieres hat vor der Fossilisation eine Verlagerung erlitten. S. 28 u. 29.

Figur 2. Annähernd tangentialer Holz-Längsschliff (Schliff 7). Aufnahme auf eine Lumière'sche Autochromplatte. Vergr. 35 linear, gekreuzte Nicols und zwischengeschaltetes $^1/_4$ λ Glimmerblättchen. — Quadrantenteilung der die Holzfaser durchsetzenden Chalzedonsphärolithe (vergl. Tafel I, Fig. 3) mit negativem optischen Charakter (c des Glimmers rechts oben — links unten). Farbe der Holzsubstanz wie in gewöhnl. Licht. S. 32 u. 39.

Figur 3. Querschliff (nicht ganz normal zur Gangachse) durch einen Bohrgang (Schliff 16). Vergr. 16 linear, gekreuzte Nicols, Aufnahme auf eine Lumière'sche Autochromplatte. — In den verschiedenen Zonen der Gangfüllung liegen die Zentren der Sphärolithe jeweils peripher: Festungsachat. Grenzen zwischen den Sphärolithen einer Zone geradlinig. Schliffdicke etwas größer als normal: Quarz (im Gangzentrum) zeigt Rot erster Ordnung, Chalzedon bis Gelbrot erster Ordnung, Quarzin bis Blaugrün zweiter Ordnung. Abwechselung zwischen 3 Chalzedon- und 2 Quarzin-Sphärolithzonen. Chalzedon mit Drillung und Opalschichtung. S. 35, 40, 41, 46, 47, 49 u. 52.

Figur 4. Teil eines Bohrgang-Schliffes mit 3 Zonen (Schliff 8). Vergr. 42 linear, gekreuzte Nicols und zwischengeschalteter Gips mit Rot erster Ordnung, Aufnahme auf eine Lumière'sche Autochromplatte. — Schliff kaum dicker als normal. Quarz (meist in Auslöschungsstellung) zeigt Zonarstruktur und schließt Quarzinfasern ein, die sich außerhalb zu Sphärolithen ausbreiten. Auf dem Quarzin Chalzedon mit entgegengesetzter optischer Orientierung, niedrigeren Polarisationstönen und mit Drillung. S. 44, 49 u. 52.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1911-1918

Band/Volume: 62-68

Autor(en)/Author(s): Wetzel Walter

Artikel/Article: Über ein Kieselholzgeschiebe mit Teredonen aus den Holtenauer Kanal-Aufschlüssen 1020-1059