

# Mineralogische Untersuchungen über Bernstein.

Von Dr. PAUL DAHMS.

## VIII. Über den Brechungsquotienten des Succinit und einige Erscheinungen, die sich bei der künstlichen Behandlung dieses Bernsteins zeigen.

Mit drei Abbildungen.

Die physikalischen und chemischen Merkmale des eigentlichen, baltischen Bernsteins und der ihm verwandten fossilen Harze sind fast ausnahmslos untersucht, und die Ergebnisse in größeren und kleineren Arbeiten niedergelegt worden. Die optischen Eigentümlichkeiten sind dabei ebenfalls recht eingehend behandelt; so wissen wir Genaueres über die auftretenden Färbungen und Fluoreszenzerscheinungen, über das Aussehen der verschiedenen Handelsorten bei mikroskopischer Untersuchung und die bei gewissen Stücken gelegentlich auftretende Interferenz des Lichtes. Nur die Lichtbrechung ist, bis auf eine Untersuchung ISTRATI's<sup>1)</sup> am rumänischen Stein, dem Rumänit, stets vollständig unberücksichtigt geblieben.

ISTRATI verwendete bei seiner Untersuchung ein Prisma aus Bernstein und fand mit dem Goniometer von BABINET für das gelbe Licht des Kochsalzes bei einer Temperatur von  $+ 19^{\circ}$  C. den Index  $n = 1,53774$ , während die Dichte desselben Stückes bei  $+ 25^{\circ}$  C. zu 1,0536 ermittelt wurde.

Entsprechende Untersuchungen am baltischen Bernstein, dem Succinit auszuführen, war deshalb eine lösenswerte Aufgabe. Geplant war dabei zunächst freilich nur eine Behandlung des reinsten Materials, dann aber auch von solchem fossilen Harze, daß sich infolge der fortgesetzt vorwärtsschreitenden Verwitterung mit einer farbigen, durchsichtigen Rinde überzogen hatte. Da derartige patinierte Stücke sich in den Sammlungen als sogenannte Farbstücke aber nie in Form von Prismen sondern, wenn die Verhältnisse günstig liegen, höchstens in der von geschliffenen, planparallelen, meist rechtwinkelig umrandeten Plättchen vorhanden sind, so mußte die Untersuchungsmethode mit dem Goniometer aufgegeben werden. Gute Ergebnisse verhiess die Methode zur Bestimmung von Brechungsquotienten isotroper Medien, welche in ihrer ältesten Form vom Herzoge DE CHAULNES (1767) herrührt. Verwendet wurde

<sup>1)</sup> ISTRATI, C.: Quelques nouvelles données relatives à l'étude de la Roumanite (Succin de Roumanie). Bulletin de la société des sciences, Bucarest 1898, S.-A., S. 1—4.

dabei ein Mikroskop von E. HARTNACK, das in der mechanischen Werkstätte der hiesigen Naturforschenden Gesellschaft für diesen Zweck mit einer Zähltrommel zum Ablesen der Hebungen und Senkungen des Tubus versehen wurde. Da jeder Teilstrich eine Höhendifferenz von 0,005 mm bedeutete und vom nächstfolgenden um rund 1 mm entfernt war, so konnte mit fast vollkommener Sicherheit eine Verschiebung des Mikroskops in der Richtung seiner Achse um 0,0005 mm bestimmt werden. Als einzustellendes Objekt wurde ein *Radiolarien*-Präparat gewählt und bei jeder Bestimmung auf denselben, genau bezeichneten Punkt dieses Objektes eingestellt. Um die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Lamellendicke zu umgehen, brachte ich an dem Punkte der Oberfläche des Bernsteinplättchens, an dem die Messung vorgenommen werden sollte, eine Marke an. Es hatte das den Zweck, die zueinander gehörenden Messungen stets an derselben Stelle vornehmen zu können und damit über die geringen Höhenunterschiede, die auch bei durchaus sorgfältig hergestellten Platten nicht zu vermeiden sind, ohne Irrtümer hinwegzukommen. Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregeln konnten an frisch hergestellten, gut geschnittenen, vollständig homogenen Täfelchen Werte für „n“ gewonnen werden, die bis in die zweite Dezimale vollständig, in die dritte aber noch verhältnismäßig gut übereinstimmten.

Große Schwierigkeiten bot dagegen das Material, das zur Untersuchung kam. Wie man weiß, ist Bernstein kein einheitlicher Körper. Abgesehen von seiner eigenartigen, chemischen Zusammensetzung und seinem Aufbau aus verschiedenen Harzbestandteilen von verschiedener Lös- und Schmelzbarkeit, weichen die einzelnen bekannten Proben auch in ihrer physikalischen Beschaffenheit oft nicht unerheblich voneinander ab. DUCOMMUN<sup>1)</sup> fand, daß das Kolophonium des Harzes von *Pinus silvestris* L. aus dem Stamme Pinarsäure, aus der Wurzel desselben Baumes jedoch merkwürdigerweise Abietinsäure enthielt. Es ist bei der chemischen Untersuchung eines Harzproduktes, sogar von demselben Baume, also noch lange nicht gleichgültig, von welchem seiner Teile er her stammt. Andererseits läßt sich leicht eine Reihe von fossilen Harzen zusammenstellen, die in ihrem chemischen Bau und in ihrem physikalischen Verhalten nur durch geringe Unterschiede voneinander getrennt sind und dabei doch eine vollkommen zusammenhängende und einheitliche Kette bilden, welche über die scheinbar weite Kluft zwischen dem Succinit und einem anderen fossilen Harze, dem Krantzit, hinüberführt. Entweder hat man sich das Zustandekommen der einzelnen Glieder dadurch zu erklären, daß verschiedene Phasen der Fossilisation vorliegen, oder daß im Bernsteinwalde zur Eozänzeit die dicht zusammenstehenden Bäume verschiedener Gattung

1) DUCOMMUN: Étude sur les acides cristallisables des Abiétinées. Thèse. Berne 1885. — Vergleiche: WEIGEL, GEORG: Über die Harzbalsame von *Larix decidua* und *Abies pectinata*. Inaug.-Diss., Bern; Gustav Fock, Leipzig 1900, S. 27; NIEDERSTADT, BERNHARD: Über den neuseeländischen Kauri-Busch-Kopal von *Dammara australis* und über das Harz von *Pinus silvestris*. Inaug.-Diss., Bern; Berlin 1901, S. 63.

und Art auch verschiedenartiges Harz erzeugten. Wenn dieses von Ast zu Ast tropfte und sich dabei vereinigte, vermochte sich je nach dem Mischungsverhältnisse der einzelnen Sekrete eine Reihe der verschiedenartigsten Bernsteinstücke sehr leicht zu bilden<sup>1)</sup>.

Möglichst einheitliches und einwandfreies Material zu erlangen, stieß deshalb in mehr wie einer Hinsicht auf Schwierigkeiten. Schöne Farbstücke überließ mir zum Zweck der Untersuchung das Westpreußische Provinzialmuseum, dessen Direktion ich an dieser Stelle nochmals meinen besten Dank ausspreche. Tafelförmige Stücke vollständig frischen Materials fertigte mir dagegen auf meine Kosten die Firma A. ZAUSMER in Danzig an.

Während die neu hergestellten Platten in jeder Hinsicht zufrieden stellten, wiesen die älteren Datums Erscheinungen auf, welche sie meist zur Untersuchung unverwendbar machten. Bei der Verwitterung treten nämlich vielfach einzelne Teile aus der Oberfläche hervor, so daß geschliffene, größere Flächen nach längerer Zeit nicht mehr ein einheitliches Ganzes bilden. Bernstein zeigt diese wenig angenehme Eigentümlichkeit beim Tragen und selbst bei ruhigem Liegen. Eine Beseitigung der hervorragenden Partien — etwa durch Schleifen — ist aber nicht angängig, da damit auch die Verwitterungsschicht teilweise entfernt würde. Da diese bei den in Frage kommenden Stücken nur die Dicke von Bruchteilen eines mm hat, so würde dadurch an der Platte für die optische Untersuchung oder gar für das schönere Aussehen eines Schmuckstückes nichts gewonnen, falls der so behandelte Stein nicht sogar wertlos gemacht würde. Dieses Hervortreten von Streifen und Adern oder gar eine Verzerrung der Flächen ist bei der Messung der optischen Dichte natürlich im höchsten Grade störend. Andererseits zeigt sich, daß Stücke nicht überall gleichmäßig klar und auch nicht gleichmäßig gefärbt sind. Selbst scheinbar vollständig durchsichtige und gleichartig aufgebaute Stücke sind bei mikroskopischer Betrachtung stellenweise so getrübt, daß es unmöglich ist, das unterliegende Objekt in seinen feineren Teilen deutlich oder überhaupt zu erkennen. Dann dringt bei anderen Stücken von Sprüngen oder Schlieren aus hier und da die Patinierung ins Innere vor und färbt gewisse Stellen, deren Grenzen sich kaum merklich an ihren Säumen in die Umgebung verlieren, tiefer. — Um in allen Fällen sicher zu gehen, ist eine Prüfung der Succinittäfelchen erforderlich. Man nimmt sie am besten derart vor, daß man die Stücke auf dem Objektische des Mikroskops über das Probeobjekt legt und auf dieses einstellt. Verschiebt man dann das Plättchen, so darf das erhaltene Bildchen nicht undeutlich oder verändert werden. Wird es dabei langsam undeutlich, so ist das ein Beweis dafür, daß die beiden Hauptflächen nicht parallel zueinander verlaufen. Erfährt es dagegen Verzerrungen oder Verschiebungen, so sind Unregelmäßigkeiten in der Struktur des fossilen Harzes vorhanden. — Bei

<sup>1)</sup> DAHMS, P.: Über das Vorkommen und die Verwendung des Bernsteins. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1901, Nr. 9, S. 213.

den Beobachtungen wurden für jede Einstellung des Mikroskops wenigstens 15 Ablesungen vorgenommen. Außerdem wurden bei jedem Stücke an verschiedenen Stellen zwei verschiedene Untersuchungen angestellt. Stimmen diese ohne weiteres gut überein, so wurde der Mittelwert von ihnen genommen und als solcher aufgeführt. Waren weitere Messungen notwendig, so wurde das schließlich als arithmetisches Mittel aus ihnen erhaltene Resultat mit einem Fragezeichen versehen.

Ganz frischer, für die Untersuchung eben geschnittener Stein gab folgende Ergebnisse (Tabelle 1):

Tabelle 1.

| Nr. | Dicke der Platte<br>in mm | Spez. Gewicht | Brechungsindex |
|-----|---------------------------|---------------|----------------|
| 1   | 3,60                      | 1,0642        | 1,517 (?)      |
| 2   | 3,56                      | 1,0615        | 1,518 (?)      |
| 3   | 6,19                      | 1,0739        | 1,516 (?)      |
| 4   | 8,22                      | 1,0754        | 1,524          |
| 5   | —                         | 1,0505        | 1,53774        |

Die angegebenen spezifischen Gewichte stellen in allen Fällen das Mittel aus zwei gut übereinstimmenden Werten dar, die auf den leeren Raum und eine Temperatur von  $+4^{\circ}\text{C}$ . reduziert wurden. Die ersten vier der in Tabelle 1 angeführten Werte gelten für licht gelb gefärbten Succinit, der auf einer Biskuitplatte einen zart gelblichweißen Strich gab. Der Mittelwert für den Brechungsquotienten des vollständig frischen Steins ist also gleich 1,519, während der für das Eigengewicht desselben Materials 1,0663 beträgt. Bei vier anderen, ebenfalls vollständig isotropen und frisch hergestellten Succinittäfelchen ergab sich die mittlere Dichte  $d = \frac{1}{4} (1,0670 + 1,0652 + 1,0692 + 1,0650) = 1,0666$ , so daß man den Mittelwert für alle untersuchten Stücke reinsten Bernsteins zu 1,0665 ansetzen darf, während die äußersten Grenzen bei 1,0615 und 1,0754 liegen. — Die unter Nr. 5 angeführten Werte sind die von ISTRATI am Rumänit ermittelten, wobei das spezifische Gewicht die bereits oben erwähnte Reduktion erfahren hat. Wie ein Blick auf das gesamte Täfelchen lehrt, lassen sie sich in keiner Weise mit den für Succinit gefundenen in Einklang bringen.

Die für das spezifische Gewicht des frischen Succinit gefundenen Zahlenwerten stimmen mit den von BERZELIUS angeführten ziemlich gut überein, sie liegen nach diesem Forscher zwischen 1,065 und 1,070. Nach AYCKE<sup>1)</sup> beträgt dieser Wert für die heller gefärbten Stücke 1,0672.

Der Luft und dem Lichte ausgesetzt, färbt sich der frische Stein bald dunkler, er wird an seiner Oberfläche zuerst goldgelb, dann geht er durch tiefere Farbtöne zu dunkelgoldgelb und schließlich zu dunkelrot über. Dieser Wechsel,

<sup>1)</sup> AYCKE, JOH. CHR.: Fragmente zur Naturgeschichte des Bernsteins. Danzig 1835, S. 67 Anm.

der auf immer dunklere Färbungen hinausläuft, wird jedenfalls durch die Veränderung eines im Bernstein enthaltenen Stoffes veranlaßt. Wie wir durch die Versuche LABATUT's<sup>1)</sup> am Kolophonium erfahren, hängt diese Änderung in der Farbe von der Temperatur und der das Stück umgebenden Atmosphäre ab. Sie wird durch den Sauerstoff eingeleitet, der vorher in der Kälte von dem Versuchsmaterial absorbiert war, und diese Absorption verläuft wieder um so schneller, je größer die Oberfläche des Kolophons ist.

Wird später die Einwirkung von solchen Gasen, die irgendwie eine derartige Patinisierung der Stücke zu veranlassen vermögen, verhindert, so tritt doch beim Liegen oder gar beim Erwärmen eine freilich geringe, immerhin aber wahrnehmbare Verfärbung ein. Diese wird durch den seinerzeit absorbierten Sauerstoff veranlaßt. Bei dem Erwärmen an der Luft wirkt außer ihm noch der Sauerstoff mit, der aufs neue absorbiert wird. Hierbei entsteht neben Kohlendioxyd auch Wasserdampf: kurz es findet eine „langsame Verbrennung“ statt. Mit der verbrauchten Menge des Sauerstoffs nimmt die Tiefe der auftretenden Farbtöne mehr und mehr zu. — Endlich ist das Kolophon tief pechschwarz geworden, und ein weiterer Verbrauch von Sauerstoff hört auf. Von den verschiedenen, aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten soll abgesehen werden, doch ist hervorzuheben, daß das schließlich absorbierte Gasvolumen einzig und allein von der Menge des vorhandenen Kolophoniums abhängig ist, ohne daß andere äußere Umstände dabei mittätig sind.

Durch Versuche und Betrachtung ähnlicher Verhältnisse beim Succinit können wir nur bestätigen, daß die Verwitterungserscheinungen an unserem Bernstein in entsprechender Weise vor sich gehen. Bei dem Erhitzen des Bernsteins verlaufen die Vorgänge sogar; von denselben Bedingungen ausgehend, auf ein gleiches Endziel hin. Ferner können wir uns nun auch erklären, weshalb bei der Verwitterung des fossilen Harzes ein Dunklerwerden stattfindet. Dieses könnte, wie bei dem sizilianischen Bernstein, dem Simetit, und wohl auch bei dem Rumänit durch Erhöhung des Schwefelgehaltes hervorgerufen werden. Die Zunahme dieses Bestandteils müßte dann durch schwefelhaltige Gase, wie Schwefeldioxyd und Schwefelwasserstoff, veranlaßt werden, die mit den Wassern zu ihm gelangen. Andererseits könnte sie auf gelöste Salze zurückgeführt werden, welche mit einigen Bestandteilen des Succinit sich umsetzen und so erst zur Entstehung jener Gase Veranlassung geben. Diese Erklärung hat eine gewisse Berechtigung, da Versuche zeigen, daß sowohl Schwefeldioxyd wie Schwefelwasserstoff den Baltischen Bernstein — ebenso wie Sauerstoff — bräunen. Andererseits ergibt sich aber aus HELM's<sup>2)</sup> chemischen Untersuchungen, daß unser Succinit bei der Verwitterung eine

<sup>1)</sup> LABATUT, J.: Sur la coloration de la colophane. Procès-verbaux des séances de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Année 1902, 1903; 1903, S. 30 bis 34, 42 bis 47.

<sup>2)</sup> HELM, OTTO: Mitteilungen über Bernstein. VI. Über die elementare Zusammensetzung des Ostseebernsteins. Diese Schriften. N. F., Bd. 5, Heft 3, 1882, S. 9—11.

recht erhebliche Verminderung seines Gehaltes an Schwefel erfährt. Daher bleibt als Erklärung für diese Farbenänderung des Bernsteins einfach und ungezwungen nur die Tatsache bestehen, daß allein die Luft mit ihrem Sauerstoffgehalte auf den Stein verändernd einwirkt. Wennschon nun Schwefel seinen chromophoren Charakter<sup>1)</sup> hier nicht zur Geltung bringen kann, so darf immerhin daran erinnert werden, daß den verschiedenen Agentien gegenüber die Veränderlichkeit in der Zusammensetzung des Bernsteins sehr groß ist und daß „gerade das Ungesättigtsein als wesentliche Bedingung für das Auftreten von Farbe“ anzusehen ist.

Die Wirkung des absorbierten Sauerstoffs läßt nur eine geringe Verdunkelung der ursprünglichen Färbung zustande kommen. Deshalb besitzt der aus der See gewonnene Succinit nur eine äußerst dünne Rinde, deshalb sind die fast 3000 Jahre alten, der Steinzeit entstammenden Schmucksachen aus dem Kurischen Haff noch fast vollkommen frisch, und deshalb legt man auch Schaustücke, welche die Formen früherer Lebewesen aufbewahrt haben, in Wasser oder schmilzt sie für Schau-Zwecke mit Hilfe von Harz in kleine Glaskapseln. Dadurch soll verhindert werden, daß auf Rissen und Sprüngen oder gar durch die winzigen Poren des permeablen Fossils fortgesetzt neuer, patinisierender Sauerstoff in das Innere der Stücke gelangt und die Konturen der früher eingeschlossenen Organismen verwischt oder schlecht sichtbar macht. Ferner ist aus dem oben angeführten Grunde auch der undurchsichtige Stein zur Verwitterung noch mehr geneigt als die getrübten Bernstein-Arten; hier ist freilich noch der Umstand von Bedeutung, daß die Verfärbung besonders durch die Vergrößerung der Oberfläche sehr begünstigt wird.

Mit der Bildung der Patina findet eine Volumen-Verminderung der Stücke statt. Dabei wird die Außenschicht von unzähligen feinen Rissen, welche sich auch ins Innere hineinziehen, durchsetzt. Deshalb ist sie auch leicht zerstörbar geworden, läßt sich ohne Schwierigkeit abschaben und dann den lichtgelben und unveränderten Kern hervortreten. — Ruhte der Bernstein in wasserarmen oder leicht durchlässigen Schichten, so hat er sich mit einer sehr starken, tiefgehenden Verwitterungsrinde überzogen. Bei diesem Vorgange tritt infolge einer polygonal verlaufenden Reißbildung eine eigenartige Zerklüftung auf, die sich — wie aus dem Vorhergehenden zu erwarten stand — auf das ganze Innere ausdehnen kann.

Nach dieser allgemeinen Besprechung der Verwitterungsvorgänge sollen zuerst die Stücke betrachtet werden, die mir vom Provinzial-Museum für meine Untersuchungen überlassen werden konnten. Trotz der verhältnismäßig großen Anzahl der vorhandenen Proben eigneten sich nur wenige zur Bestimmung

<sup>1)</sup> MEYER, RICHARD: Über die chromophoren Eigenschaften des Schwefels. Naturwissenschaftl. Rundschau. 15. Jahrg., Nr. 37, 1900, S. 465—467. — KAUFFMANN, HUGO: Über den Zusammenhang zwischen Farbe und Konstitution bei chemischen Verbindungen. Sammlung chem. und chem.-techn. Vorträge, herausgegeben v. B. Ahrens. Band 9, Heft 8, 1904, S. 293.

des Brechungsindex. Störend machten sich außer der ungünstigen Form, die nur selten zwei gut parallel verlaufende Flächen aufwies, auch die Verwitterungserscheinungen bemerkbar, die sich von der Oberfläche, von Rissen und anderen Ausgangspunkten in die klare Bernsteinmasse hineinzogen. An der Oberfläche zeigten sich solche Risse freilich nur vereinzelt.

Wenn die Messungen zur Bestimmung des Berechtigungsquotienten an geeigneten Stellen immerhin ausführbar waren, so bestand andererseits vielfach wieder die Unmöglichkeit, das zugehörige, spezifische Gewicht der vollständig reinen Substanz zu ermitteln. Viele Stücke enthielten Bläschen oder andere störende Gebilde, die sie zur Bestimmung des Eigengewichtes ungeeignet machten. Aus der ganzen Menge der vorhandenen, zugerichteten Stücke ließen sich aus diesen Gründen schließlich nur die folgenden fünf zur Ermittlung der gewünschten Daten finden. Da die Tiefe der Färbung bei den Plättchen mit ihrer Dicke ebenso wie mit der Dicke der Patina zunimmt, so wurde jedesmal die Dicke hinzugesetzt.

Tabelle 2.

| Nr. | Spez. Gew. | Index     | Dicke in mm   | Farbe            | Strich            |
|-----|------------|-----------|---------------|------------------|-------------------|
| 1   | 1,0912     | 1,515     | 4,15          | bräunlichgelb    | lichtgelb         |
| 2   | 1,0774     | 1,532     | 8,29          | tief<br>weingelb | gelblich-<br>weiß |
| 3   | 1,0795     | 1,530     | 8,02          |                  |                   |
| 4   | 1,0703     | 1,528 (?) | 7,56          |                  |                   |
| 5   | 1,0816     | 1,517     | 7,80 u. 14,96 |                  |                   |

Von diesen Stücken ist vor allem das erste interessant, weil es trotz seiner verhältnismäßig geringen Dicke recht tief bräunlichgelb gefärbt ist. — Nachdem durch eine Anzahl von Messungen die eigenartige Tatsache festgestellt war, daß mit der fortschreitenden Verwitterung das Lichtbrechungsvermögen des Bernsteins abnähme, drängte sich die Frage auf, ob vielleicht aus irgend welchem Grunde die Genauigkeit der Messung in nennenswerter Weise beeinträchtigt würde. Es wäre sehr wohl anzunehmen gewesen, daß die Verwitterungskruste den Weg des Lichtstrahls durch die fossile Harzmasse modifiziert hätte. Da die Patina nicht scharf von dem frischeren Material abgesetzt, sondern durch Übergänge mit ihm verknüpft ist, so hätte die äußerste, am meisten veränderte Bernsteinmasse eine verhältnismäßig kleine, die innerste, noch frische, dagegen eine größere Ablenkung veranlassen können. Der Lichtstrahl hätte dann seine schwächste Brechung beim Eintritt in den Succinit erfahren und diese hätte dann mit dem weiteren Vordringen mehr und mehr zugenommen. In der frischen Substanz des Kernes wäre dann der Verlauf ein geradliniger gewesen, um dann beim Austreten aus der Platte, d. h. beim Passieren der zweiten Patinaschicht, in entgegengesetzter Weise abgelenkt zu werden, wie beim Eintritt in den Stein. Der Weg, den

das Licht innerhalb der Platte zurücklegte, hätte dann ungefähr die Form eines S gehabt. Daß je nach der Dicke des Kernes dann die Ablenkung eine andere hätte werden müssen, ist ersichtlich. Bei Stück Nr. 5 konnten die Messungen an zwei verschiedenen Flächenpaaren vorgenommen werden. Trotzdem die Dicke der Platte einmal 7,80 mm und das andere Mal 14,96 mm betrug, wurden gut übereinstimmende Werte für den Index ermittelt: nämlich 1,5172 und 1,5175. Der Weg des Lichtes im Bernstein ist also als fast oder ganz geradlinig anzusehen. Dieser Umstand wird wohl dadurch bedingt, daß einerseits die Differenz zwischen den Brechungsindizes des frischen und des patinisierten Steins nur gering ist, und daß andererseits die Dicke der randlichen Schichtensysteme nur eine äußerst geringe ist. Als allgemeines Gesetz ergibt sich aus Tabelle 2, daß bei der Verwitterung des Succinit mit der Zunahme des spezifischen Gewichtes der Brechungsindex eine Verminderung erfährt.

Dieses Resultat ist im höchsten Grade eigenartig, da man eine gleichmäßige Zu- und Abnahme von der optischen Dichte und dem spezifischen Gewichte erwarten sollte. Freilich weichen die brennbaren Körper insofern von den anderen ab, als sie das Licht stärker als solche von gleicher oder selbst größerer Dichtigkeit brechen. Eine Erklärung für die hier auftretende Unregelmäßigkeit läßt sich leicht aus dem Aufbau der verwendeten Stücke, und zwar aus verschiedenen Schichten von verschiedener Beschaffenheit erklären.

Das Material, das solche klaren Stücke, wie die vorliegenden, liefert, besteht aus sogenannten Schrauben. Es ist seinerzeit nicht auf einmal entstanden, sondern als Ergebnis einer Reihe von Harzergüssen, die — durch mehr oder minder große Zeiträume voneinander getrennt — sich oft wiederholten. Diese aus den Wunden der Nadelhölzer hervorsickernden Massen waren ihrerseits wiederum nicht chemisch einheitlich aufgebaut und veränderten sich deshalb an der Luft. Dabei blieben die tieferen Teile jedes Harzflusses, die nicht direkt mit der Luft in Berührung kamen, vorläufig noch unverändert, während die äußeren infolge ihrer großen Oberfläche schnell erhärteten. Die nacheinander entstehenden Schichten besaßen nun auch nicht überall die gleiche Dicke. Unebenheiten der Rinde gaben zu einer Änderung der Richtung bei dem Harzflusse Veranlassung. Alle Erscheinungen, die wir heute noch an unseren Nadelbäumen finden können, zeigten sich auch damals. Harzstücke, welche wir sorgfältig vom Stamme ablösen, zeigen niemals eine ideal regulär ausgebildete Oberfläche, sondern eine solche, die als Ergebnis einer ganzen Reihe von Einwirkungen mehr oder weniger gewellt oder unregelmäßig ausgebildet ist. Derartige Stücke dürften eine Struktur aus annähernd parallelen Schichten aufweisen, bei denen solche aus weniger veränderter Harzsubstanz mit stärker umgewandelten abwechseln. Daß tatsächlich keine einheitliche Struktur vorliegt, zeigen die Verzerrungen der Bernsteinstücke, die beim bloßen Liegen an der Luft, schneller freilich beim Erwärmen, auftreten. Wie

HELM's<sup>1)</sup> Untersuchungen zeigen, gibt Succinit an verschiedene Lösungsmittel verschiedene seiner Bestandteile nach bestimmten Verhältnissen ab. Er besteht also aus Schichten oder Schalen, die ihrer Substanz nach chemisch und physikalisch voneinander verschieden sind. Besonders interessant ist der Umstand, daß mit Alkohol 17 bis 22% eines Harzes extrahiert werden können, das bereits bei 105° C. schmilzt.

Nun besitzen amorphe Körper aber die Eigentümlichkeit, unterhalb ihres Schmelzpunktes nicht nur teilweise in den flüssigen Zustand überzugehen, sondern, wie SPRING<sup>2)</sup> zeigte, sogar teilweise zu vergasen. Deshalb besitzt Succinit bereits bei gewöhnlicher Temperatur die Fähigkeit, verschiedene Wandlungen zu erfahren. Deshalb kann man aber auch — wie wir später sehen werden — eine teilweise Vergasung der Harzmasse bei den Temperaturen voraussetzen, wie sie bei dem Erhitzen von Bernsteinstücken angewendet wurden (Tabellen 5 bis 8). — Es ist nun wohl anzunehmen, daß bei der langsam verlaufenden Verwitterung die Harzbestandteile von niederem Schmelzpunkte fast ausschließlich eine Verflüchtigung oder sogar langsame Verbrennung erfahren, so daß die dichteren und schwerer schmelzbaren zurückbleiben. Bei der oberflächlichen Veränderung der Stücke nimmt das spezifische Gewicht mit der Bräunung zu, während der Brechungsquotient, infolge des Schwindens des wahrscheinlich stärker lichtbrechenden und leichter schmelzbaren Harzbestandteils, eine Abnahme erfährt.

Die ermittelten und auf Tabelle 2 angeführten spezifischen Gewichte lassen sich jedoch nicht ohne weiteres verwenden, wie die für die Plattendicke angeführten Werte sofort zeigen. Die letzteren weichen teilweise erheblich voneinander ab und deuten darauf hin, daß die Oberflächen der einzelnen Stücke recht verschiedene Größe besitzen. Da von ihnen aus aber die Verwitterung der Stücke erfolgt und deshalb an ihnen die Harzmasse auch ein anderes spezifisches Gewicht hat, als die frischere innere Masse, so werden statt der Veränderungen an der ganzen Oberfläche nur die an den beiden zur Messung verwendeten Flächen in Betracht zu ziehen sein. — Da die Dichte des vollständig reinen Materials  $d = 1,0665$  ermittelt ist und der Kern solcher natürlichen Farbstücke aus unverändertem Material besteht, so wurde eine Umrechnung der an den natürlichen Proben gefundenen Werte in der folgenden Weise vorgenommen: Die Differenz aus dem spezifischen Gewichte des vorliegenden und des vollkommen frischen Materials wurde im Verhältnis der ganzen Oberfläche zu den beiden in Frage kommenden Seiten geteilt. Darauf wurde der auf die beiden größten Seiten fallende Anteil zum Werte für das spezifische Gewicht des reinen Materials geschlagen. Diese Berechnung kann

1) HELM, OTTO: Notizen über die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bernsteins. Arch. d. Pharm. Bd. 8, Heft 3, 1877; S.-A., S. 12.

2) SPRING, W.: Sur l'apparition, dans l'état solide, de certains propriétés caractéristiques de l'état liquide ou gazeux des métaux. Bull. de l'acad. royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. 3<sup>me</sup> série, t. 28, Bruxelles 1894, S. 23—46; cf. S. 42—44.

mit Sicherheit durchgeführt werden, da der durch Oxydation veränderte Teil des Bernsteins sich ja nur verhältnismäßig wenig tief ins Innere hinein ausdehnt.

Tabelle 3.

| Nr. | Gesamte Oberfläche in qmm | Oberfl. der beiden Maßflächen in qmm | Gesamtes spez. Gewicht | Differenz der spez. Gewichte | Für 2 oxydierte Flächen berechnetes spez. Gew | Brechungsquotient |
|-----|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| 1   | 1390,86                   | 1051,20                              | 1,0912                 | 0,0247                       | 1,0852                                        | 1,515             |
| 2   | 807,50                    | 387,50                               | 1,0774                 | 0,0109                       | 1,0717                                        | 1,532             |
| 3   | 903,14                    | 491,85                               | 1,0795                 | 0,0130                       | 1,0736                                        | 1,530             |
| 4   | 1044,50                   | 560,28                               | 1,0703                 | 0,0038                       | 1,0685                                        | 1,528 (?)         |
| 5   | 1299,28 <sup>1)</sup> (?) | 582,40 <sup>1)</sup> (?)             | 1,0816                 | 0,0151                       | 1,0733 <sup>1)</sup> (?)                      | 1,517             |

Weil sich ergeben hat, daß mit der tieferen Färbung der Stücke auch das spezifische Gewicht zunimmt, war es von Interesse zu untersuchen, bis zu welcher Höhe dieser Wert anwachsen kann. Da ferner selbst tief rotbraun gefärbte Stücke immer noch einen verhältnismäßig großen Kern aus frischer oder doch frischerer Masse enthalten, so drückt dieser das Eigengewicht der äußeren Teile bei der Gesamtmessung immer wieder hinab. Abgetrennte Stückchen lieferten daher kein Material von vollständig gleichmäßiger Ausbildung. Deshalb wurde eine Isolierung mittels einer schweren Flüssigkeit vorgenommen. Als solche wurde eine konzentrierte und filtrierte Lösung von Kochsalz in destilliertem Wasser verwendet. Die äußeren Teile mehrerer großer, stark verwitterter Bernsteinstücke wurden durch Stoßen im Mörser auf ein möglichst gleichmäßiges Korn gebracht. Bei dieser Behandlung ließ der verwitterte Succinit leicht eine Zertrümmerung zu, da mit dem Fortschreiten des Oxydationsvorganges auch die Sprödigkeit des Materials wächst. Vor allem wurde freilich darauf geachtet, daß die durch den Zerklüftungsprozeß erzeugten, kleinen Prismenstücke möglichst als Ganzes abbröckelten. Die gewonnenen Körnchen und Stückchen, welche im Mittel einen Durchmesser von zirka 0,25 mm besaßen, kamen dann in die Scheideflüssigkeit. Durch vorsichtigen Zusatz von Wasser konnte man nun leicht eine geringe Menge des schwersten Materials absondern und dann durch den geöffneten Verschluß des Scheidetrichters abziehen. Die gewonnenen Proben wurden wiederholt mit siedendem Wasser auf dem Filter gewaschen, bis die abfließende Flüssigkeit eine Lösung von Silbernitrat nicht mehr trübte. Darauf wurden sie bis zum konstanten Gewicht über Chlorkalzium getrocknet.

Unter dem Mikroskope zeigte sich, daß die erhaltene Substanz — wie man bereits erwarten durfte — nicht einheitlich war. Die Bernsteinstückchen waren fast ausnahmslos von feinen Kluftflächen und Rissen durchsetzt und hatten daher vielfach auf diesen während ihrer Lagerung in der Erde den zirkulierenden

<sup>1)</sup> Dieses Stück war an dem einen Ende abgerundet, so daß ein vollkommen genauer Wert für die eine Ausdehnung nicht gemessen werden konnte.

Wassern zum Absetzen von Markasit willkommene Gelegenheit geboten. Andererseits machte es sich unangenehm bemerkbar, daß die abgetrennten Teile nicht durch Kräfte der Adhäsion an die minder veränderten Partien gebunden waren, wie etwa die verschiedenen Mineralien eines Gesteins. Infolge des allmählichen Überganges von frischerem in patiniertes Material fanden sich vielfach Splitter von teilweise lichterer Färbung, die an dem einen Ende durch Oxydation besonders tief gebräunt waren. Andere Bestandteile der gewonnenen Proben von zartgelber Tönung, die auch geringe Mengen von Markasit enthielten, hatten ebenfalls ein spezifisches Gewicht angenommen, das dem des verwitterten Bernsteins sehr ähnlich war. Bei der Zerkleinerung der größeren Stücke war die Härte und die Sprödigkeit der Kruste freilich von Vorteil gewesen, doch erwiesen sich die kleinen Körnchen, die aus der polygonal zerklüfteten Rinde entstanden waren, auch in anderer Hinsicht untereinander durchaus nicht einheitlich. Hatten sie sich direkt von der Oberfläche abgetrennt, so waren die äußeren, dünnen Schichten dunkler wie die Kerne. Nur dort trat die lichtere Farbe des frischeren Steins ohne weiteres auf, wo das säulenförmige Stückchen sich abgelöst hatte. Das traf jedoch nicht immer ohne weiteres zu. Bald zeigten sich die kleinen Stückchen freilich nur bis auf eine Bruchfläche von der dunkelsten Schicht umgeben, meist besaßen sie jedoch mehrere frische Spaltflächen. Ein hoher Grad von Genauigkeit konnte daher durch die vorgenommene Scheidung allein nicht erzielt werden. Das Material wurde deshalb durch Auslesen sorgfältig von den erwähnten Verunreinigungen befreit.

Das spezifische Gewicht ist an drei Proben bestimmt; die erhaltenen Werte sind auf den leeren Raum und auf Wasser von  $+ 4^{\circ}$  C. reduziert. Danach schwankt die Dichte der erhaltenen Proben zwischen 1,1513 und 1,1738 und beträgt im Mittel 1,1588. Aus dem oben Angeführten ergibt sich jedoch, daß die hierbei erhaltenen Werte zu niedrig sind, da der eigentliche Wert der gewonnenen Körnchen und Brocken durch die stets noch vorhandenen, frischeren und spezifisch leichteren Kerne eine unberechenbare Verminderung erleidet. Zerdrückt man das gewonnene reine Material auf einem Objektglase, so treten bei mikroskopischer Betrachtung die licht- bis goldgelb gefärbten, frischeren Teile deutlich hervor. An diesen Proben läßt sich auch vortrefflich wahrnehmen, wie der klare Stein sich beim Übergange in die Patina verändert. Er wird durch das Auftreten von Rissen und Sprüngen mehr und mehr zerklüftet und zeigt schließlich das Wirrsal von derartigen Durchsetzungen in so hohem Maße, daß er — zumal bei seiner dunkleren Farbe — fast undurchsichtig wird.

Die Messung zum Zweck der Index-Bestimmung konnte auch an neun weiteren Stücken aus den Sammlungen des Provinzial-Museums vorgenommen werden, leider machten die von ihnen eingeschlossenen Bläschen und organischen Reste eine gleichzeitige Bestimmung des spezifischen Gewichtes unmöglich.

Tabelle 4.

| Nr. | Dicke in mm | Farbe                                             | Strich                                        | Index     |
|-----|-------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 1   | 7,68        | } goldgelb                                        | } weiß                                        | 1,534 (?) |
| 2   | 9,27        |                                                   |                                               | 1,522     |
| 3   | 10,62       |                                                   |                                               | 1,530 (?) |
| 4   | 5,73        | } goldgelb<br>mit einem<br>Stich ins<br>Rotbraune | } weiß<br>mit einem<br>Stich ins<br>Gelbliche | 1,537     |
| 5   | 5,68        |                                                   |                                               | 1,531     |
| 6   | 5,57        |                                                   |                                               | 1,526     |
| 7   | 3,76        |                                                   |                                               | 1,497     |
| 8   | 3,72        |                                                   |                                               | 1,514     |
| 9   | 2,85        |                                                   |                                               | 1,496     |

Aus Tabelle 4 geht hervor, das Nr. 1 einen recht hohen Brechungsquotienten hat, ebenso wie Stück 3 und Stück 4, welche noch auf der Grenze zwischen den lichterem und den oberflächlich bereits deutlich dunkler gefärbten Proben stehen. Von den letzteren haben die mit Nr. 7, 8 und 9 bezeichneten die kleinsten Indizes. Da sie eine verhältnismäßig geringe Dicke besitzen, sonst aber dieselbe Färbung haben wie die letzten sechs Stücke, so ergibt sich, daß bei ihnen die Vorgänge der Verwitterung besonders weit vorgedrungen sind. Die Gesetzmäßigkeit zwischen Lichtbrechung und Fortschreiten der Verwitterung, wie sie an den auf Tabelle 2 näher charakterisierten Stücken aufgefunden wurde, findet also hier eine Bestätigung.

Nach dieser Beobachtung am patinierten Bernstein scheint es nicht uninteressant, sie in ähnlicher Weise für erhitztes Material durchzuführen. Die Untersuchungen waren besonders deshalb notwendig, weil man im allgemeinen der Auffassung zuneigt, daß die Vorgänge bei der Verwitterung sich mit denen vollständig decken, wie sie beim Erhitzen auftreten. Die äußeren Erscheinungen an den Stücken, die einmal durch sogenannte langsame Verbrennung und andererseits mittels Beschleunigung dieses Prozesses durch Erhitzen verändert wurden, stimmen freilich gut überein. Auch hier treten einige Teile mehr hervor als andere. Größere und kleinere Partien der Proben sinken scheinbar neben den benachbarten hinab. Hiervon, wie von anderen Störungen an den ebenen Meßflächen, kann man sich leicht überzeugen, wenn man letztere spiegeln läßt. Risse, wie die Rinde des verwitterten Succinit sie aufweist, treten auch hier auf. Bei zwei kleinen Platten war bereits nach dem ersten Erhitzen (acht Stunden auf 156,9° C.) eine große Menge von ihnen aufgetreten. Bei unbewaffnetem Auge erwecken sie den Anschein, daß einzelne Partien der Oberfläche rauh geworden seien. Unter dem Mikroskop weisen diese Stellen viele kleine, unregelmäßig verteilte oder in Zügen angeordnete, schwach gekrümmte Risse auf, die den Gedanken wachrufen, sie wären mit dem Fingernagel in eine erweichte Masse hineingedrückt. Bei weiterer Erwärmung nahm ihre Zahl kaum zu. Sie sind stets im gleichen Sinne angeordnet: Die Öffnung ihrer Krümmung liegt nach derselben Richtung hin. Sie haben sich

nur oberflächlich gebildet, stehen auf den Flächen senkrecht und hören nach der Tiefe der Plättchen hin bald auf.

Unregelmäßigkeiten in der inneren Struktur machten sich dadurch bemerkbar, daß scheinbar ohne ersichtlichen Grund die Stücke an größeren und kleineren Teilen eine dunklere Färbung annahmen und hier deshalb auch eine Dichte der Substanz und einen Brechungsquotienten erhielten, die von denen der anderen Teile recht erheblich abwichen. Daß die Messungen an diesen Stücken Resultate ergaben, die sich nicht in Einklang miteinander bringen lassen wollen, ja sich sogar widersprechen, dürfte deshalb nicht allzu wunderbar erscheinen.

Die Untersuchungen über die Einwirkung der Wärme auf den Stein sind nicht als Ganzes vorgenommen worden. Verschiedene Male wurden sie bis auf weiteres unterbrochen, weil ein Vergleich der gewonnenen Resultate keine verwendbaren Resultate ergab. Da vermutlich irgend welche Fehler die Veranlassung zu diesem Mißlingen hätten sein können, so wurde mit frisch geschnittenen Platten die Untersuchung noch einmal begonnen und schließlich — wieder unter Wahrung der äußersten Vorsichtsmaßregeln und unter Aufwendung der größten Sorgfalt — noch an vier weiteren Plättchen wiederholt, freilich mit demselben, wenig zufriedenstellenden Erfolge. Die hierbei gewonnenen Resultate sind in den Tabellen 5 bis 8 niedergelegt.

Bei der Erwärmung der Stücke wurde in der folgenden Weise verfahren. Die Plättchen wurden alle zusammen denselben Bedingungen ausgesetzt. Nachdem jedes in weißes Papier eingehüllt war, wurden sie zusammengepackt und mit einer großen Menge Hüllen aus porösem Papier umgeben. Dieses hatte den Zweck, das Material vor einer plötzlichen Erhitzung beim Einbringen in den angewärmten Ofen zu schützen und andererseits eine schnelle Abkühlung zu verhindern, wenn nach Ablauf der bestimmten Zeit die weitere Erwärmung unterbrochen wurde. Die strahlende Wärme der Ofenwandungen wurde durch Asbestplatten abgehalten. Die Reihe der Versuche konnten nur solange fortgesetzt werden, als die Durchsichtigkeit der Platten eine Bestimmung des Brechungsindex zuließ. Um die abgelesenen Temperaturen richtigzustellen, bediente ich mich der Korrektion nach REIMBACH<sup>1)</sup>. Vor Ermittlung des jedesmaligen spezifischen Gewichtes wurden mittels einer feinen Feile die schmälere Seitenflächen der Plättchen von der Patina befreit und poliert, so daß nur die Substanz des Kerns mit der veränderten Rinde der beiden parallelen Beobachtungsflächen zur Untersuchung gelangte. Um den Überblick zu erleichtern, ist die Zeit, während der die Wärme auf die Stücke einwirkte, mit der Temperatur multipliziert worden. Da das Schwanken der Werte, wie sie durch die Messungen gewonnen wurden, ihre Verwendung zur Zeichnung von Kurven ausschloß, so unterblieb eine weitere Umrechnung der aus den sich ver-

<sup>1)</sup> REIMBACH, E.: Zur Korrektion der Thermometerablesungen für den herausragenden Faden. Berichte der Deutsch. Chem. Ges., Jahrg. 22, Juli-Dezember, 1889, S. 3072—3075.

ändernden Faktoren berechneten Produkte. Anderenfalls hätte in Betracht gezogen werden müssen, daß nach OSTWALD die Geschwindigkeit der chemischen Vorgänge sich bei der Erhöhung der Temperatur um  $10^0$  C. ungefähr verdoppelt.

Die Tabellen 5 bis 8 lassen immerhin einige allgemeine Tatsachen erkennen. Vorzugsweise sind es die dickeren, in sich festeren Platten, welche den von innen her wirkenden, verschiebenden und deformierenden Kräften einen größeren Widerstand entgegenzusetzen vermögen. Die an ihnen gefundenen Werte sind deshalb allein von größerer Bedeutung. Hier erkennt man zunächst, daß die Dicke der Platten mit der Einwirkung der Temperatur abnimmt. Es wird hiermit die bereits aus anderen Tatsachen ermittelte Gesetzmäßigkeit bestätigt,

Tabelle 5.

Tabelle 6.

| Zeit und Temp.<br>sowie Produkt<br>aus beiden  | Farbe                                  | Strich                                                                          | Platten-<br>dicke<br>in mm | Spez.<br>Gewicht | Index     | Platten-<br>dicke<br>in mm | Spez.<br>Gewicht | Index     |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------|----------------------------|------------------|-----------|
| —                                              | klar durchsichtig,<br>schwach gelblich | weißlich                                                                        | 3,60                       | 1,0642           | 1,517 (?) | 3,56                       | 1,0615           | 1,518 (?) |
| 3 Std., 128,53 <sup>0</sup><br>386             | gelblich bis<br>gelb                   | gelblich                                                                        | 3,61                       | 1,0557           | 1,512 (?) | 3,55                       | 1,0557           | 1,502 (?) |
| 3 Std., 130,11 <sup>0</sup><br>390             | weingelb                               | licht<br>ochergelb                                                              | 3,59                       | 1,0566           | 1,519 (?) | 3,53                       | 1,0554           | 1,489 (?) |
| 3 Std., 140,33 <sup>0</sup><br>421             | bräunlichgelb                          | ochergelb                                                                       | 3,60                       | 1,0582           | 1,516 (?) | 3,54                       | 1,0564           | 1,510     |
| 3 Std., 149,65 <sup>0</sup><br>449             | braungelb                              | ocherfarben                                                                     | 3,59                       | 1,0575           | 1,524     | 3,49                       | 1,0541           | 1,529     |
| 3 1/6 Std., 129,03 <sup>0</sup><br>409         |                                        | mit einem<br>Stich ins<br>Grauliche                                             | 3,56                       | 1,0567           | 1,514     | 3,53                       | 1,0556           | 1,533     |
| 3 Std., 150,67 <sup>0</sup><br>452             |                                        |                                                                                 | 3,61                       | 1,0586           | 1,516 (?) | 3,54                       | 1,0572           | 1,499     |
| 3 Std., 181,69 <sup>0</sup><br>545             | tiefer<br>braungelb                    | ocherfarben, ins<br>Bräunliche<br>spielend, mit<br>einem Stich ins<br>Grauliche | 3,58                       | 1,0560           | 1,517 (?) | 3,52                       | 1,0553           | 1,506 (?) |
| 3 Std., 206,58 <sup>0</sup><br>620             | rotbraun                               | gelb- bis nuß-<br>braun, mit                                                    | 3,59                       | 1,0537           | 1,513 (?) | 3,50                       | 1,0543           | 1,505     |
| 3 Std., 144,99 <sup>0</sup><br>435             |                                        | graulichem<br>Stiche                                                            | 3,60                       | 1,0536           | 1,519     | 3,56                       | 1,0554           | 1,528     |
| Schwankungen<br>in der Platten-<br>dicke in mm | —                                      | —                                                                               | 0,05                       | —                | —         | 0,07                       | —                | —         |

daß bei den Oxydationsvorgängen eine Kontraktion des Succinit stattfindet. Wo im Gegensatz dazu eine Zunahme des Volumens nachgewiesen werden kann<sup>1)</sup>, handelt es sich um die Anfänge der Oxydation, verbunden mit einer Lockerung der Substanz. Zuerst wird freilich Sauerstoff vom Succinit gebunden und so eine geringe Vermehrung der Masse veranlaßt, bald darauf setzt aber die Abscheidung von Kohlendioxyd und Wasserdampf ein, und das Volumen wird mehr und mehr verkleinert. Mit der Patinierung erfolgt eine Ab-

<sup>1)</sup> DAHMS, P.: Mineralog. Unters. über Bernstein. V. Klären des Succinit auf trockenem Wege. Diese Schriften. N. F. Bd. 9, Heft 2, 1896, S. 11.

Tabelle 7.

Tabelle 8.

| Zeit und Temp.<br>sowie Produkt<br>aus beiden  | Farbe                                  | Strich                                                                          | Platten-<br>dicke<br>in mm | Spez.<br>Gewicht | Index     | Platten-<br>dicke<br>in mm | Spez.<br>Gewicht | Index     |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------|----------------------------|------------------|-----------|
| —                                              | klar durchsichtig,<br>schwach gelblich | weißlich                                                                        | 6,19                       | 1,0739           | 1,516 (?) | 8,22                       | 1,0754           | 1,525     |
| 3 Std., 128,53 <sup>0</sup><br>386             | gelblich bis<br>gelb                   | gelblich                                                                        | 6,14                       | 1,0680           | 1,526     | 8,16                       | 1,0686           | 1,523 (?) |
| 3 Std., 130,11 <sup>0</sup><br>390             | weingelb                               | licht<br>ochergelb                                                              | 6,14                       | 1,0655           | 1,519     | 8,14                       | 1,0674           | 1,524     |
| 3 Std., 140,33 <sup>0</sup><br>421             | bräunlichgelb                          | ochergelb                                                                       | 6,11                       | 1,0630           | 1,513     | 8,13                       | 1,0649           | 1,529     |
| 3 Std., 149,65 <sup>0</sup><br>449             | braungelb                              | ocherfarben                                                                     | 6,19                       | 1,0622           | 1,505     | 8,14                       | 1,0643           | 1,530 (?) |
| 3 1/6 Std., 129,03 <sup>0</sup><br>409         |                                        | mit einem<br>Stich ins<br>Grauliche                                             | 6,13                       | 1,0622           | 1,516     | 8,15                       | 1,0649           | 1,519     |
| 3 Std., 150,67 <sup>0</sup><br>452             |                                        |                                                                                 | 6,13                       | 1,0639           | 1,517 (?) | 8,15                       | 1,0651           | 1,520     |
| 3 Std., 181,69 <sup>0</sup><br>545             | tiefer<br>braungelb                    | ocherfarben, ins<br>Bräunliche<br>spielend, mit<br>einem Stich ins<br>Grauliche | 6,13                       | 1,0620           | 1,523     | 8,11                       | 1,0634           | 1,527     |
| 3 Std., 206,58 <sup>0</sup><br>620             | rotbraun                               | gelb- bis nuß-<br>braun, mit<br>graulichem<br>Stiche.                           | 6,12                       | 1,0591           | 1,519 (?) | 8,13                       | 1,0608           | 1,516     |
| 3 Std., 144,99 <sup>0</sup><br>435             |                                        |                                                                                 | 6,09                       | 1,0582           | 1,522 (?) | 8,10                       | 1,0593           | 1,516     |
| Schwankungen<br>in der Platten-<br>dicke in mm | —                                      | —                                                                               | 0,10                       | —                | —         | 0,12                       | —                | —         |

nahme der Dichte; hier liegen die Verhältnisse also umgekehrt, als bei der in der Natur vor sich gehenden Bildung der Patina. Diese Abnahme ist nach der ersten Einwirkung der Wärme am bedeutendsten, jedenfalls deshalb, weil die ganze, noch vollständig frische Oberfläche für die Vorgänge der Oxydation eine vorzügliche Gelegenheit bietet.

Ähnliche Resultate ergeben sich auch aus den Untersuchungen von fünf weiteren Bernsteinplättchen. Da das Schwanken der Werte innerhalb der Versuchsreihe bereits aus den vorigen vier Tabellen zur Genüge bekannt ist, so wird nur neben den Daten des Ausgangsmaterials das Endergebnis aufgeführt. Um einen besseren Überblick zu erhalten, ist in Tabelle 9 eine Umrechnung auf die Temperatur von 140<sup>0</sup> vorgenommen worden; d gibt den Wert für die Dichte, n den zugehörigen Brechungsquotienten an.

Mit jeder weiteren Erhitzung schreitet die Abnahme der Dichte mehr und mehr vor, freilich mit stetig verminderter Geschwindigkeit. Gleichzeitig mit dem spezifischen Gewichte des Succinit nimmt auch der Brechungsindex ab, eine Tatsache, die sich freilich nur aus Tabelle 8 und 9 erkennen läßt.

Bei der Einwirkung der Wärme auf den Bernstein konnte, wie bereits erwähnt wurde, eine Reihe von Veränderungen der Stücke wahrgenommen werden. Über sie soll an dieser Stelle ausführlicher berichtet werden. Zuerst

Tabelle 9.

| Nr.                                   | 1      | 2         | 3         | 4      | 5                    |
|---------------------------------------|--------|-----------|-----------|--------|----------------------|
| Frisches { d                          | 1,0670 | 1,0652    | 1,0692    | 1,0650 | 1,0719 <sup>1)</sup> |
| Material { n                          | 1,519  | 1,519     | 1,519     | 1,519  | 1,519                |
| Zeit der Wärme-<br>wirkung in Stunden | 3424   | 6150      | 5836      | 2049   | 2049                 |
| Verändertes { d                       | 1,0546 | 1,0544    | 1,0545    | 1,0536 | 1,0581               |
| Material { n                          | 1,500  | 1,496 (?) | 1,481 (?) | 1,503  | 1,507 (?)            |

ist wohl zu fragen, wo die Veranlassung zu all diesen deformierenden Kräften zu suchen ist. Früher wurde angenommen, daß kleine Bläschen im Inneren der fossilen Harzsubstanz jeden Sprung, der entstand, veranlaßt hätten. Diese Ansicht kann leicht widerlegt werden. Wirft man ein sorgfältig untersuchtes, vollständig homogenes und isotropes Succinit-Plättchen in heißes Öl, so tauchen sofort glänzende Sprünge auf, welche mit denen die größte Ähnlichkeit haben, die auch sonst beim schnellen Erwärmen des Bernsteins entstehen. Eine feinere Struktur, wie wir sie bei jeder größeren Sonnenflinte wahrnehmen können, fehlt bei ihnen meist, abgesehen von einer radialen Anordnung plattenartiger Partien, von denen sich gelegentlich feine, wurzelähnliche Risse, ebenfalls von radialem Verlauf, in die Bernstein-Substanz hinein fortsetzen. Im allgemeinen kann man deshalb wohl sagen, daß die Sonnenflinten langsam entstandene Sprünge sind. — Die eben besprochenen Sprünge haben nun eine eigenartige Richtung. Bei der raschen Erwärmung der randlichen Harzteile haben diese eine schnell eintretende Dehnung erfahren und an den inneren kräftig gezerrt. Die Sprünge verlaufen deshalb auch alle zur Oberfläche senkrecht, nur wo sie in der Nähe zweier Flächen liegen, verändern sie ihre Richtung. Deshalb eignen sich auch nur diejenigen von ihnen zur mikroskopischen Untersuchung, die am Rande der beiden großen Flächen liegen. Da sie senkrecht zu den kleinen, seitlichen Flächen stehen, verlaufen sie zu den beiden großen parallel und ermöglichen so einen vollständigen Überblick über ihre ganze Ausdehnung.

Bei langsamem Erwärmen entstehen die Flinten freilich meist in ganz bestimmter Anordnung, das heißt sie treten mehr oder minder parallel zueinander auf. Diese Orientierung ist ebenfalls auf die Entstehungsweise des Succinit, die einen „schlaubigen“ Aufbau bedingte, zurückzuführen. In Anlehnung an die von SPRING gewonnenen Tatsachen wäre eine teilweise Vergasung des Bernstein dort am ehesten zu erwarten, wo noch verhältnismäßig viel von der ursprünglichen, unveränderten Harzsubstanz von niederem Schmelzpunkte vorliegt. Wo etwa infolge von Unebenheiten der Rinde eine Anstauung oder eine Ablenkung des Harzflusses stattfand, müßte dann besonders Gelegenheit zu derartigen Struktur-Veränderungen innerhalb der Bernsteinmasse gegeben sein. Auf diese Weise wäre dann die Entstehung der Sonnenflinten

1) Wie oben angegeben, beträgt der gefundene Mittelwert für d: 1,0665 und für n: 1,519.

erklärt, ohne daß man das Vorhandensein von Bläschen anzunehmen brauchte, die tatsächlich auch mit der stärksten Vergrößerung in völlig klarem Stein bisher noch nicht beobachtet wurden. Die durch die Wärme ausgedehnte, in ihnen enthaltene Luft, welche die Triebkraft zur Flintenbildung geben könnte, wird hier durch die teilweise vergaste Harzmasse ersetzt. Nehmen wir solche Unregelmäßigkeiten im Fluß der Sekrete als Ursache für die Bildung der Sprünge an, so läßt sich auch leicht erklären, weshalb diese letzteren an gewissen Stellen nicht immer vollständig eben sind, sondern gelegentlich in ihrer Form an den Mantel eines recht stumpfen Kegels erinnern. Schließlich ergibt sich auch leicht, in welcher Richtung die Sonnenflinten immer entstehen müssen: nämlich so, daß sie, den Punkten des geringsten Widerstandes folgend, sich in den Schichten der noch weniger veränderten und schneller erweichenden Harzmasse ausbilden.

Bei der Behandlung des Bernsteinstückes, von dem die Ergebnisse auf Tabelle 8 angegeben sind, zeigte sich folgende interessante Erscheinung. Nach der ersten Erwärmung traten in der Mitte des Stückes zwei eigenartige, flächenhaft ausgebildete Trübungen auf, die sich bei auffallendem Lichte, mit ihrer weißlichen Farbe von der goldgelben Substanz des Succinit lebhaft abhoben. Zu einer großen Flinte, die gleichzeitig mit ihnen entstanden war, verliefen sie parallel. Ihre Form war annähernd flügel- oder federförmig, ihre Länge betrug zirka 8 mm. An ihrem Saume verliefen sie fast überall mit zarten oder verwischten Übergängen in die umgebende Bernsteinmasse. Wie das Mikroskop zeigte, handelte es sich um Sonnenflinten, die in ihrer Entwicklung stehen geblieben waren. Dabei lag der wunderbare Fall vor, daß sich die beiden Flächenpartien, welche auseinander traten, noch überall in Verbindung befanden. Dicht nebeneinander waren hier viele winzigkleine Tröpfchen verflüssigten Harzes vorhanden, die sich zwischen den auseinanderweichenden Kluftflächen gebildet hatten und mit beiden in Berührung standen. Die Druckkräfte, welche tätig waren, hatten ihre Arbeit noch nicht vollendet, und die erweichten Teile des Succinit waren adhärierend an beiden früher verschmolzenen Partien haften geblieben. Nach dem nächsten Erwärmen erfolgte nun freilich nicht ein Abschluß in dieser Kluftbildung. Die getrübten Stellen waren vielmehr kleiner geworden und zeigten in ihrem Inneren bereits runde und längliche Stellen, welche die Tröpfchen relativ nur sehr spärlich enthielten. Dagegen war die frühere zarte Bräunung auf den beiden Kluftflächen etwas stärker geworden, während das Irisieren sehr nachgelassen hatte. Jedenfalls war der Vorrat an oxydierendem Sauerstoff im Inneren des Succinitstückes so gut wie erschöpft. Als dann wieder erwärmt wurde, trat eine vollständige Klärung des Stückes ein, wie man sie auch sonst an getrübten Proben auf trockenem Wege leicht bewerkstelligen kann.

Je nach dem Erweichungsgrade des Steines ist die Form der entstandenen Sonnenflinten verschieden. Bei stärker erweichtem Succinit ist die Ausbildung der auftretenden Gebilde runder oder rundlich, im anderen Falle lassen sich

mehr Risse und Sprünge wahrnehmen. Besonders schön tritt die erstere Form am Saume von größeren und kleineren Sprungflächen im Inneren der Bernsteinmasse auf. Ist diese genügend erweicht, so gehen in der Richtung dieser Sprungflächen eigenartige Neubildungen vor sich. Bald haben sie die Form eines Kreissegmentes, eines Halbkreises oder annähernd sogar einer ganzen Kreisfläche, bald sind sie zungenförmig; dann erinnern sie wieder lebhaft an die als Dendriten bezeichneten Gebilde, wie sie ja auch gern auf Spalten — freilich von Gesteinen — entstehen: Die teilweise verflüssigte Harzmasse erzielt hier also ähnliche Formen, wie die auf Gesteinsklüften infiltrierten manganhaltigen Wasser. Die hierbei entstehenden Gebilde sind bei größerer Zähigkeit des erwärmten Succinit mehr astförmig, bei einem höheren Grade der Erweichung dagegen mehr lappenförmig und erinnern dann vielfach an die Thallusbildung gewisser *Fucus*-Arten. Wie die Form auch sein mag, stets sind diese neu entstandenen und entstehenden Gebilde zu dem Verlaufe der Sprunglinie (a a) senkrecht orientiert (Vergl. Abbildung 1 und 2).

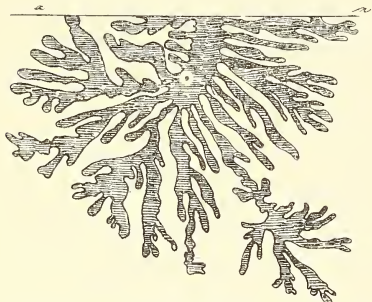


Abb. 1. Thallusförmig ausgebildete Sonnenflinte im Succinit. Vergr. 10:1.



Abb. 2. Rosettenförmige Sonnenflinte mit teilweise lappigen Blättern und neuen Sprüngen, die von diesen ausgehen. Vergr. 10:1.



Abb. 3. Durch Risse gebildete Sonnenflinte im Succinit. Vergr. 15:1.

Eigenartige, selbständige Flinten von kreisrunder, elliptischer, ovaler, flügelförmiger Gestalt treten ebenfalls nicht allzu selten auf. Meist läßt sich an ihnen ein dunkeler Punkt erkennen, der meist in der Nähe oder weiter außerhalb der Mitte liegen kann. Bei starker Vergrößerung löst er sich in kleine Trümmerstückchen, und gelegentlich auch in eine verflüssigte Harzmasse auf, die wohl nachträglich eine teilweise Verkittung herbeiführte und nicht allzuselten auch die bereits erwähnten, lappigen Gebilde erkennen läßt. Dieser Ausgangspunkt, der wohl stets vorhanden ist, hat jedenfalls die Meinung auf kommen lassen, daß zur Entstehung jeder Sonnenflinte stets ein

Bläschen im Bernstein vorhanden sein müsse. Die Partien, die von hier aus radial verlaufen und die Flinten aufbauen, haben bald die Form eines fein verzweigten Wurzelwerkes, das mit seinen derberen Teilen dem Ausgangspunkte zugewendet ist, während seine feinsten Fäserchen sich weit in die umgebende Harzmasse hinein erstrecken. Bald sind die Verästelungen mehr nach Art eines Flächensystems ausgebildet. Geht diese Veränderung weiter vor sich, so entstehen wieder jene dendritischen Gebilde. Wächst die Sonnenflinte, so vermögen bei den wurzelförmigen Partien die feinen Risse stärker zu werden und zu verschmelzen. Die Flinte hat dann die Form einer Rosette angenommen, deren

einzelne Blätter kurz und mehr oder weniger breit lanzettlich sind (Abbildung 3). — Gelegentlich liegen die Flächenstücke der Flinte auch nicht in derselben Ebene, sondern weichen gegeneinander unter einem kleinen Winkel ab, der überall die gleiche Größe hat. Es erinnert das Gebilde dann an das Flügelrad eines Windmotors, dessen Teile dicht aneinander gelegt wurden. Diese letzteren hatten in einem Falle Federform, waren am Rande ungleich gezähnt-gekerbt und etwa achtmal so lang als breit; einige unter ihnen hatten sogar im Verhältnis eine doppelt so große Länge. Der größte dieser Sprungflächenteile zeigte eine fast geradlinige Umrandung; die feinere Struktur löste sich unter dem Mikroskope bei ihnen allen in ein System von feineren und feinsten Sprüngen auf.

Um ein Bild von all den Ausbildungsformen zu geben, die gelegentlich auftreten können, sei eine solche Sonnenflinte, bei der sie fast alle gleichzeitig auftreten, näher beschrieben. — Es liegt ein längliches, flügelartiges Gebilde vor, in dessen Mitte, und zwar der Länge nach orientiert, die feinkörnige Substanz liegt. Diese besteht, wie bereits erwähnt, aus einer halb körnig-schuppigen, halb thallusförmigen Harzmasse. Nach dem Umfange zu verlaufen von hier aus radial angeordnete, federförmige bis thallusartige, verästelte Gebilde. Im unteren Teile, d. h. nahe der Wurzel dieses flügelartigen Sprungsystems, ist ein breiter Saum, der in der Mitte die größte Breite erreicht. An seinem Innenrande findet man wieder die feinkörnige Masse, während sich nach außen hin radial verlaufende Sprungflächen ansetzen. Bei dem darauf folgenden Erwärmen sind die Risse über die Peripherie des Flügels hinausgegangen: dabei haben sie dieses Gebilde etwa um das Dreifache verbreitert. Sie verlaufen trotz ihrer Anordnung der Hauptmasse nach fast parallel zueinander. Dort, wo sie endigen, schicken sie Risse in die benachbarte, intakte Harzsubstanz, um die Bildung neuer Sprünge vorzubereiten. Der Übergang der feinen, nadelförmigen Risse in äußerst spitzwinkelig dreieckige Sprünge, die Verbreiterung dieser und das Ausgehen neuer, spitzwinkliger und dreieckförmiger Sprungflächen wieder von deren Seiten aus läßt sich gut wahrnehmen. Diese dreieckigen, vordringenden Sprungflächen haben infolge der aufsitzenden, neuen, dreieckförmigen Sprünge das Aussehen von kleinen Sägeblättern. — An anderen Stellen, wo eine solche Regelmäßigkeit in der Sprungrichtung nicht stattgefunden hat, ist die Harzmasse in unregelmäßig begrenzte Lappen und Fetzen zerklüftet. Wenn man alle diese Sprünge an ihrer Peripherie betrachtet, scheint es, als seien sie dachziegelartig übereinander gelegt, resp. etwas steiler gegeneinander gestellt. Dabei liegen sie entweder ganz dicht zusammen oder in größerer Entfernung voneinander.

Wie ich bereits an anderer Stelle hervorhob, wachsen die Sprünge, nachdem sie eine ganz bestimmte Größe erreicht haben, bei weiterem Erwärmen nicht mehr. Es tritt also ein Stillstand ein, sobald ein Gleichgewichtszustand zwischen den Spannkraften der Harzbestandteile im Inneren des Succinit eingetreten ist.

Daß tatsächlich ganz bestimmte Druckkräfte im erhitzten Bernstein vorhanden sind, zeigt sich an Sprüngen, die dicht unter der Oberfläche entstehen, bei denen also die umgebende Harzmasse von außen her nur einen geringen Widerstand entgegensetzen kann. Eine solche Sonnenflinte von zirka 3 mm Länge und zirka 1 mm Breite war unter geringer Neigung gegen eine der Hauptflächen im Succinit entstanden. Dort, wo der Sprung die Oberfläche hätte durchdringen müssen, war die erweichte Masse ausgewichen: sie hatte nachgegeben und sich emporgewölbt. Läßt man das Stück, welches vor dem Erwärmen sorgfältig geschliffen und poliert war, spiegeln, so kann man ohne Anstrengung die Stelle entdecken, an der die Harzmasse emporgetrieben wurde. Diese Unebenheit ist, von der Stelle des sanftesten Emporsteigens an gerechnet, ungefähr 4 mm lang und 2 mm breit. Wo der Sprung fast in die Luft austritt, hebt sich die Wölbung verhältnismäßig steiler empor, an allen anderen geht sie sanft in die große Fläche über. In anderen Fällen wurde sogar beobachtet, daß die sonst nur als flächenartige Gebilde bekannten Flinten in der Nähe der Oberfläche in ellipsoidische und am Rande sogar in fast kugelrunde Bläschen übergehen. — Die Flintenbildung beim Kläreren des Bernsteins auf nassem Wege geht in völlig entsprechender Weise vor sich.

Die wenig zufriedenstellenden Ergebnisse beim Erhitzen des Succinit lassen sich nunmehr erklären. Die gelegentlich auftretende Bildung von Trübungen durch Bläschen mit nachträglicher Klärung, sowie die Flinten, die nach der Oberfläche der Stücke hin zu größeren Bläschen werden können, veranlassen auch ein Schwanken des spezifischen Gewichtes. Da dieses stets für den ganzen Stein, der Brechungsindex dagegen nur für einige wenige Stellen bestimmt wird, so ergibt sich leicht, wie die Erscheinungen unregelmäßig und scheinbar ohne jeden Zusammenhang miteinander verlaufen können. Dieses Schwanken in den gefundenen Werten ist noch dadurch befördert, daß einmal selbst das reinste Ausgangsmaterial in physikalischer und chemischer Hinsicht nicht vollkommen gleichwertig ist, und daß andererseits nach jeder vorgenommenen Erhitzung die randlichen Partien der schmälere Seitenflächen mit der Feile abgetragen wurden.

Diesen Untersuchungen an erhitztem Steine dürften sich solche mit Succinitstücken gut anschließen lassen, die im Ölbade behandelt wurden. Die hierbei verwendeten fünf Stücke zeigten folgende Beschaffenheit:

Probe 1 ist mit Drachenblut, das in warmem Öl gelöst war, gefärbt. Der Bernstein hat durch diese Behandlung eine braunrote Färbung angenommen und erinnert in seiner Tönung an alten Portwein. Verwendet wird zur Herstellung derartiger, im Auslande vielfach begehrter Stücke meist minderwertiges, ungleichmäßig getrübt oder durch stellenweise Anhäufung von Bläschen fleckiges Material. — Von Succinit, der durch Verwitterungsvorgänge ähnlich gefärbt ist, läßt sich der gefärbte Stein leicht dadurch unterscheiden, daß sein Strich weiß mit einem zarten Stich ins Gelbliche, der des

dunkler gefärbten, natürlich vorkommenden Succinit dagegen mehr oder weniger ausgesprochen gelb bis bräunlich gefärbt ist.

Probe 2 besteht aus Succinit, der der Hauptmasse nach rein „flohmig“ war. Nach der einen Fläche hin findet sich in ihm ein System von mehr knochenfarbigen, konzentrisch angeordneten Bernsteinpartien eingebettet vor. — Durch das Klarieren im Ölbad wurde ein vollkommen klares, goldgelbes Produkt erhalten. In seinem Inneren zeigten sich nun zwei Flinten, die durch das Klären hervorgerufen waren, und zwar, wahrscheinlich auf dieselbe Veranlassung hin, in derselben Ebene nacheinander. Die eine von ihnen ist derber und kleiner, fast schuppenförmig, die andere feiner und zarter, aber ungefähr doppelt so groß.

Probe 3 stellt einen dichten, weißen Knochen, sogenannten „Halbbastard“ nach R. KLEBS dar, aus dem durch denselben Prozeß ein vollständig klares, blaßgelbes Stück erhalten wurde.

Probe 4 besitzt dasselbe Ausgangsmaterial wie Nr. 3. Ein Plättchen davon war gemeinsam mit den auf Tabelle 5 bis 8 aufgeführten Tafelchen bis auf die Temperatur von  $206,58^{\circ}$  erwärmt worden, ohne daß es sich soweit aufgeheilt hätte, um durchsichtig zu werden. Erst nach einem Erwärmen auf zirka  $60^{\circ}$  während eines Zeitraumes von 12 Wochen hatte es sich fast vollkommen geklärt. Durch Behandlung mit der Feile und Schleifen mittels befeuchteter Schlammkreide wurde die dunkler gefärbte, veränderte Substanz von der Oberfläche entfernt. Da die Trübung nicht vollständig beseitigt werden konnte, war eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes zwecklos.

Probe 5 stellt klaren Bernstein von lichtgelber Farbe dar, dessen Brechungsquotient  $n = 1,534$  ermittelt wurde. Beim Erwärmen im Ölbad nahm er eine goldgelbe Farbe an: ein Beweis dafür, daß sich in ihm Oxydationsvorgänge abspielten. Die beiden größeren planparallelen Flächen waren dabei uneben geworden; vorzugsweise zeigte die eine in hohem Grade diese Veränderung. Dort nämlich, wo die entstehenden Sonnenflinten dicht unter der Oberfläche entstanden waren, hatten Hebungen stattgefunden, die sich an verschiedenen Stellen in der Form zarter Aufwölbungen bemerkbar machten. Ließ man an diesen Flächen Licht reflektieren, so zeigten sich ihre Unebenheiten in auffälliger Weise. Bei der Bestimmung des Index wurden aus diesem Grunde auch derart verschiedene Werte erhalten, daß erst nach dem Schleifen und längerem Polieren der Plättchen mittels Schlammkreide auf Flanell an den wieder geebneten Flächen die Messungen fortgesetzt werden konnten. Die an derart zugerichteten Stücken gefundenen Werte sind der Tabelle 10 eingefügt. Wurde die Behandlung mit erwärmtem Öl fortgesetzt, so sank das spezifische Gewicht weiter bis auf 1,0601 hinab; die Oberflächen waren wieder wellig geworden, doch gelang es trotz sorgsam Polierens nicht mehr, Platten zu erhalten, an denen eine Fortsetzung der Messungen möglich gewesen wäre. Die sechs bestimmten Werte für den nunmehrigen Index liegen mehr oder weniger weit auseinander, jedenfalls weichen sie so stark voneinander ab, daß sie im Mittel nur einen solchen von sehr geringer Bedeutung haben; er liegt

nahe bei 1,510. Daß das Resultat nach dieser letzten Behandlung so ungünstig ausfallen würde, war bereits im voraus zu erkennen, da das Bild des Testobjektes beim Überführen der Succinitplatte fortgesetzt Verzerrungen zeigte.

Tabelle 10.

| Nr. | Ausgangsmaterial                              | Dicke der Platte in mm | Spez. Gewicht | Aussehen nach der Behandlung                     | Spez. Gewicht | Brechungsindex |
|-----|-----------------------------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------------------|---------------|----------------|
| 1   | —                                             | 5,36                   | —             | Mit „Drachenblut“ braunrot gefärbt <sup>1)</sup> | 1,0682        | 1,519          |
| 2   | Flohmiger Stein <sup>1)</sup>                 | 11,81                  | 1,0814        | Im Ölbade klariert, goldgelb <sup>1)</sup>       | 1,0771        | 1,511          |
| 3   | Halbbastard                                   | 6,44                   | 1,0468        | Im Ölbade klariert, blaßgelb                     | 1,0542        | 1,510          |
| 4   |                                               | 1,06                   | 1,0468        | Durch Erwärmen geklärt, goldgelb                 | —             | 1,539          |
| 5   | Lichtgelb gefärbtes, klares Stück (n = 1,534) | 3,46                   | 1,0765        | Im Ölbade erwärmt, goldgelb                      | 1,0628        | 1,510 (?)      |

Der Index der mit Öl behandelten Proben ist in allen Fällen verhältnismäßig klein; seine Größe schwankt zwischen 1,510 und 1,519. Dagegen hat Probe 4, obgleich sie dasselbe Ausgangsmaterial besitzt wie Nr. 3, einen verhältnismäßig hohen Brechungsquotienten aufzuweisen. Gemeinsam wäre also allen auf nassem Wege klarierten und gefärbten Stücken der verhältnismäßig kleine Brechungsquotient. Der Umstand, daß das spezifische Gewicht des geklärten Halbbastards nach der Behandlung größer ist, wie vordem, scheint zuerst recht auffallend. Bei früher angestellten, ähnlichen Versuchen mit undurchsichtigen Bernsteinstücken ergab sich stets eine Gewichtsabnahme. Als Erklärung für dieses abweichende Verhalten ist nur darauf hinzuweisen, daß die Einwirkung von Öl auf den zu klärenden Stein bei möglichst niedriger Temperatur vorgenommen wurde, so daß das Öl freilich in die Hohlräume eindringen und sie anfüllen, andererseits aber noch nichts von der Harzsubstanz auflösen konnte.

Die Tatsache, daß der Brechungsindex bei der Behandlung im Ölbade abnimmt, scheint einer alten Angabe entgegenzustehen, nach der so geklärte Stücke „eine mehrere pellucidität und Geschicke bekämen, die radios zu concentrieren und reflektieren“. Tatsächlich handelt es sich bei dem zu Brillen und Vergrößerungsgläsern verarbeiteten Succinit nicht um eine Vergrößerung des Brechungsquotienten als vielmehr um eine Steigerung der Lichtdurchlässigkeit. Eine solche wird aber, wie a. a. O. bereits ausgeführt wurde, tatsächlich auf diese Weise bewirkt; es gelingt dem Bernsteinarbeiter, die Aufhellung über sanftem Feuer soweit fortzusetzen, daß schließlich die gelbe Farbe verschwindet und ein glasartiger Körper hervorgeht. Besonders der „blaue Bernstein“ des Handels soll sich zur Herstellung derartiger Präparate vorzüglich eignen<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Aus den Sammlungen des Westpreußischen Provinzial-Museums in Danzig.

<sup>2)</sup> ROY, C. W. VAN: Ansichten über die Entstehung und Vorkommen des Bernsteins, sowie praktische Mitteilungen über den Wert und die Behandlung desselben als Handelsware. Gedruckt bei C. W. Sabjetzki. Danzig 1840, S. 39.

Optische Gegenstände aus Succinit dürften bei ihrer Härte, die über das Doppelte geringer ist, wie die des Glases, für den gewöhnlichen Gebrauch kaum brauchbar sein. Wenn wir immerhin diesen linsenförmigen Instrumenten eine gewisse Verwendbarkeit zuerkennen müssen, so fällt uns das bei der Erwägung einer Benutzbarkeit derartig hergestellter Spiegel und ähnlicher Apparate recht schwer. Vor allem ist es kaum zu verstehen, was „dergleichen aus durchsichtigen und reinen Birnstein“ verfertigte Brennspiegel für besonders wertvolle Eigentümlichkeiten besessen haben mögen. Daß sie „viel schneller brennen, und das Pulver anzünden als die gläsernen“<sup>1)</sup> dürfte jedenfalls stark anzuzweifeln sein. Wahrscheinlich griffen die Bernsteinhändler hier auf die alten, vielfach gerühmten Kräfte, welche im Bernstein schlummern sollten, zurück und suchten mit deren Hilfe ihre Ware anzupreisen und an den Käufer zu bringen.

Schließlich bleibt noch zu untersuchen, ob eine Gesetzmäßigkeit zwischen den gefundenen Werten für das spezifische Gewicht ( $d$ ) und dem Brechungsindex ( $n$ ) besteht. — Mit Vorteil konnte die Formel von GLADSTONE und DALE<sup>2)</sup>:

$$\text{Const} = \frac{n - 1}{d}$$

verwendet werden. Die für die einzelnen Succinit-Gruppen gefundenen Werte werden auf den beigefügten Täfelchen 11 bis 14 aufgeführt. Die Formel von LORENTZ und LORENZ in vereinfachster Form:

$$R = \frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)} \cdot \frac{1}{d}$$

ergab Resultate von ebenso guter Verwendbarkeit, während der von BARVIŘ<sup>3)</sup> vor kurzem mit Vorteil angewandte Ausdruck

$$\text{Const} = \frac{n - x}{d} = \text{tg } \sigma$$

in diesem Falle mehr oder weniger versagte. Jedenfalls ist diese Tatsache darauf zurückzuführen, daß in letzterem Falle eine Beziehung zwischen vier Werten (zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten) vorliegt und bei der verhältnismäßig geringen Genauigkeit der gefundenen Indizes die Möglichkeit eines wenig sicheren Resultates noch geringer wird, als man nach Obigem erwarten darf.

<sup>1)</sup> CARTHEUSER, JOHANN FRIEDRICH: Specimen amoenitatum naturae et artis oder kurtze Probe von der versprochenen, gründlichen, curieusen und nützlichen, so wohl Historisch- als Physikalischen etc. Abhandlung aller Merckwürdigkeiten der Natur und Kunst. Von der Natur, verschiedenen Arten, Generation und Nutzen des Birnsteins. Sect. II; Halle, Joh. Andreas Bauer 1733, S. 51 ff.

<sup>2)</sup> Über die zugehörige Literatur vergleiche HERZ, W.: Über die wichtigsten Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung von Verbindungen und ihrem physikalischen Verhalten. Samml. chem. und chem.-techn. Vorträge, herausgeg. v. Felix B. Ahrens. Bd. 3, Stuttgart 1899 (S. 233—296), S. 251 ff.

<sup>3)</sup> BARVIŘ, HEINRICH: Über die Verhältnisse zwischen dem Brechungsexponent und der Dichte bei einigen Mineralien. Sitzungsber. der Königl. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Prag 1904. III.

Die zur Umrechnung verwendeten Werte stammen für frisches Material von Tabelle 1, für patinierten Bernstein von Tabelle 3, von Succinit, der im Ölbad behandelt wurde, von Tabelle 10 und für erhitzten Stein von Tabelle 9.

Tabelle 11.

Frisches Material.

| Nr. | Spez. Gewicht | Index | Spez. Brechungsvermögen |
|-----|---------------|-------|-------------------------|
| 1   | 1,0642        | 1,517 | 0,486                   |
| 2   | 1,0615        | 1,518 | 0,488                   |
| 3   | 1,0739        | 1,516 | 0,481                   |
| 4   | 1,0754        | 1,524 | 0,488                   |
| 5   | 1,0665        | 1,519 | 0,487                   |
| 6   | 1,0763        | 1,534 | 0,496                   |

Tabelle 12.

Patinierter Succinit.

| Nr. | Spez. Gewicht | Index     | Spez. Brechungsvermögen |
|-----|---------------|-----------|-------------------------|
| 1   | 1,0852        | 1,515     | 0,475                   |
| 2   | 1,0717        | 1,532     | 0,496                   |
| 3   | 1,0736        | 1,530     | 0,494                   |
| 4   | 1,0685        | 1,528 (?) | 0,494                   |
| 5   | 1,0733        | 1,517     | 0,482                   |

Tabelle 13.

Im Ölbad behandelter Succinit.

| Nr. | Spez. Gewicht | Index | Spez. Brechungsvermögen |
|-----|---------------|-------|-------------------------|
| 1   | 1,0682        | 1,519 | 0,486                   |
| 2   | 1,0771        | 1,511 | 0,474                   |
| 3   | 1,0542        | 1,510 | 0,484                   |
| 4   | 1,0628        | 1,510 | 0,480                   |

Tabelle 14.

Erhitzter Succinit.

| Nr. | Spez. Gewicht | Index     | Spez. Brechungsvermögen |
|-----|---------------|-----------|-------------------------|
| 1   | 1,0546        | 1,500     | 0,474                   |
| 2   | 1,0544        | 1,496 (?) | 0,470                   |
| 3   | 1,0545        | 1,481 (?) | 0,456                   |
| 4   | 1,0536        | 1,503     | 0,477                   |
| 5   | 1,0581        | 1,507 (?) | 0,479                   |

Tabelle 11 zeigt in den für die Konstante berechneten Werten eine gute Übereinstimmung. Mit Ausnahme von Nr. 3 und 6 liegen sie dicht zusammen und ergeben im Mittel die Zahl 0,487, während der Durchschnittswert für alle 6 Stücke ebenfalls 0,487 beträgt, d. h. ebenso groß ist. Bei dem Succinit, der durch die beginnende Zersetzung dunklere Farbtöne angenommen hat (Tabelle 12), ist der Mittelwert 0,492, wenn man Stück 1 nicht berücksichtigt, anderenfalls beträgt er 0,488. Dieses Stück unterscheidet sich von den anderen 4 dieser Gruppe dadurch, daß es verhältnismäßig dünn und trotzdem recht tief dunkel gefärbt ist. Seine Verwitterungskruste geht in zarten Abtönungen etwa  $\frac{3}{4}$  mm tief im Inneren des Fossils in die unveränderte Bernsteinmasse über. Diese Eigentümlichkeiten zusammen mit der tiefer getönten Farbe seines Striches könnten die Vermutung aufkommen lassen, daß man hier die Entstehung der rotbraunen Oberfläche durch Anwendung von Hitze gefördert habe. Bestärkt wird diese Auffassung dadurch, daß der Wert für die Konstante dieses Stückes sich mehr den in Tabelle 14 niedergelegten anpaßt. Wenn man dagegen die auf Tabelle 7 und 8 angeführten Ergebnisse in Rechnung zieht, ergibt sich, daß eine Trennung von natürlich und künstlich patinisierten Stücken auf diesem Wege nicht möglich ist. Die berechneten Werte schwanken zwischen ziemlich

weiten Grenzen fortgesetzt hin und her, so daß nur für die Richtigkeit ihrer beiden ersten Dezimalstellen noch eingetreten werden kann. Da durch sie ein vollständiger Übergang zwischen den beiden Gruppen des tiefer gefärbten Succinits geschaffen wird, so kann in ihnen auch kein sicheres Unterscheidungs- mittel für diese gesehen werden.

In Tabelle 13 und 14 finden wir für das ermittelte spezifische Berechnungs- vermögen weniger hohe Werte, als in den beiden vorigen. Dieses Ergebnis darf uns um so weniger überraschen, als in den meisten Fällen besonders die Brechungsquotienten und dann erst die spezifischen Gewichte — inbezug auf die entsprechenden Werte in den beiden ersteren Tabellen — eine deutlich erkennbare Verminderung erfahren haben. Das Mittel für die Konstantenwerte von Tabelle 13 beträgt 0,481 und von Tabelle 14: 0,475, wenn man bei letzterer den Wert für Platte 3 nicht in Betracht zieht, anderenfalls 0,471.

Daß die erhaltenen Werte oft so wenig gut in Beziehung zueinander ge- bracht werden können, hat vielfach noch einen anderen Grund. Bei der ver- schiedenen Angreifbarkeit der verschiedenen Harzkomponenten bleibt trotz der Verwitterungsvorgänge immerhin die allgemeine Struktur gewahrt. Wieweit diese bei den optischen Untersuchungen hemmend oder störend wirkt<sup>1)</sup>, wage ich nicht zu entscheiden.

Erwähnenswert ist noch, daß der von ISTRATI beschriebene und sorgfältig untersuchte Rumänit sich keiner der vier eben besprochenen Gruppen anschließen will. Die für ihn berechnete Konstante hat den Wert 0,512. Da dieser sich auch nicht einmal annähernd den in den Tabellen gegebenen anzupassen ver- mag, so ergibt sich trotz früherer Vermutungen und Überlegungen, daß auf Grund der optischen Untersuchung der rumänische Bernstein keine näheren Beziehungen zum baltischen aufweist. Diese Tatsache ist um so eigenartiger, als die chemische Zusammensetzung dieser beiden fossilen Harze, d. h. für die besonders helle und reine Varietät des Rumänit, vollkommen gleichartig ist<sup>2)</sup>.

1) Vergleiche RINNE, F.: Die Lockerung des Krystallgebäudes von Zeolithen unter dem Einfluß von Salzsäure. Centralblatt für Mineralogie etc. 1902, Nr. 2, S. 594—601.

2) DAHMS, PAUL: Mineralogische Untersuchungen über Bernstein. VII. Ein Beitrag zur Constitutionsfrage des Bernsteins. Diese Schriften. Band 10, Heft 2, 3, 1901, S. 250—252. — Vergleiche auch MURGOCI, G.: Gisements du succin de Roumanie avec un aperçu sur les résines-fossiles: succinite, romanite, schraufite, simétite, birmite etc. Extrait de „Asociațiunea Română pentru înaintarea și răspândirea sciințelor, Memoriile Congresului de la Jași“. S. 4. 7—11.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [NF\\_11\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Dahms Paul

Artikel/Article: [Mineralogische Untersuchungen über Bernstein 25-49](#)