Mineralogische Untersuchungen über Bernstein.

Von Dr. **Paul Dahms** in Zoppot a. d. Ostsee.

XI. Verwitterungsvorgänge am Bernstein.

Mit 12 Figuren im Text.

Zwei Eigentümlichkeiten haben den Bernstein seit den ältesten Zeiten berühmt gemacht: sein Vermögen, nach dem Reiben kleine Körperchen anzuziehen, und die wunderbare Kraft, von ihm umflossene Tiere und Pflanzen oder deren Teile scheinbar unbegrenzt und unverändert zu erhalten. Wegen seiner geäußerten Anziehungskraft schrieb ihm bereits der ionische Philosoph Thales von Milet eine Seele, d. h. ein bewegendes Prinzip, zu und verglich ihn mit dem Magneten. Er sollte aber nicht nur kleine Stäubchen, Fäserlichen und Teilchen anziehen, sondern auch andere winzige Gebilde, die wir heute als Krankheitserreger bezeichnen würden. Bernstein wurde deshalb als Heilmittel gegen alle möglichen Krankheiten gebraucht, und Plinius gibt von diesen bereits eine ganze Reihe an. Äußerlich oder innerlich angewendet, oder auch nur getragen, wurde er oft benutzt. Durch das Mittelalter hindurch galten seine Heilkräfte für hervorragend, und weißer Bernstein, Agtstein-Küchlein, -Balsam, -Salz, Bornsteinöl und zubereiteter Bornstein werden in den Verzeichnissen der damaligen Apotheken aufgeführt. Von diesen Präparaten hat wohl das Öl, das man durch trockene Destillation gewann und als krampfstillendes Mittel gebrauchte, am längsten seine Bedeutung behalten; heute ist es auch aus den deutschen Pharmakopöen verschwunden.

Doch auch aus der Entfernung, beim bloßen Anblicken, sollte sich Bernstein als heilkräftig erweisen, und das führt hinüber zu seiner Verwendbarkeit gegen den Bösen Blick[1]).

Wie Plinius berichtet, waren Pilzgerichte die einzige Speise, welche die Lieblingssklaven für ihre Herren mit eigenen Händen zubereiteten; sie wurden an den Tafeln auf silbernem Tafelgeschirr mit Messern aus Bernstein serviert. Es häuft sich an dieser Stelle eine Menge von Vorsichtsmaßregeln bei der Zubereitung dieser giftverdächtigen Kinder Floras. Die Lieblingssklaven, denen

[1]) **58**, 3. Anm. 5. — Die Fußnoten beziehen sich auf das angefügte Literaturverzeichnis. Die großen Zahlen geben das zitierte Werk, die kleinen die Seite an.

man das höchste Vertrauen schenkt, das Silber, welches bei Gegenwart eines Giftes sich dunkel färben soll, Bernstein, der etwa vorhandene Giftstoffe anzieht und durch Festhalten unschädlich macht; sie sollten insgesamt verhindern, daß diese Speisen schädlich wirken. Gegen Krankheiten, Vergiftungen und den Bösen Blick ist Bernstein nach damaliger Auffassung sehr wirksam, daraus wird verständlich, daß man ihn Kindern als Amulet umhängte. Ein Kettchen aus Bernsteinperlen wird heute noch benutzt, um ihnen das Zahnen zu erleichtern.

Zur römischen Zeit trugen Bauerweiber jenseits des Po Schmuck aus diesem fossilen Harz einmal der Zierde wegen, dann aber auch als Vorbeugungsmittel gegen die Mandel- und Halskrankheiten, „welche durch das Wasser der Alpen hervorgerufen werden“ (Plinius). Heute finden wir eine ähnliche Sitte in Moskau und Kiew, wo man die Ammen mit mehreren Schnüren großer „Ordinärer Korallen“ behängt. Diese, welche auch als „Geschliffenes Ordinär-Klar“ bezeichnet werden, sind namentlich aus sog. Schlauben hergestellt und in Fazetten zugeschliffen; sie besitzen bis 5 cm Durchmesser[1]). Schon seit den ältesten Zeiten bilden sie eine beliebte Handelsware. Da ihre Form keine regelmäßige ist, führen sie die Bezeichnung „ordinär“. Es kommt bei ihnen besonders darauf an, daß der Arbeiter sie aus dem vorliegenden Material in möglichster Größe und Reinheit herstellt. Da man meinte, daß Täuschungen bei ihnen so gut wie ausgeschlossen seien, begehrte man sie vorzugsweise. — Ketten und Schnüre aus solchen Perlen, wie sie im Ostseebad Zoppot noch gelegentlich zu sehen sind, dienen ebenfalls einem mehrfachen Zweck. Sie schmücken die Trägerin, bewahren sie selbst vor Krankheit, dann aber besonders auch das ihr anvertraute Kind.

Die eigentümliche Erhaltung von Tier- und Pflanzenformen einer verflossenen Zeit hat vielfach an die Mumien von Menschen und Tieren erinnert, und oft findet man, in den Arbeiten über Bernstein eingestreut, Abhandlung über die Mumifizierung im alten Ägypten. Daher ist es auch zu verstehen, wenn Gottfr. Joh. Hasse, 1799 Konsistorialrat und Professor in Königsberg, in einer seiner philologischen Schriften auf dieses Thema zu sprechen kommt und darauf hinweist, daß die Alten sicher die Tugenden des Bernsteins, und besonders seine konservierende Kraft, besser auszunutzen gewußt hätten als die Neueren. „So“, ruft er aus, „hätte man Friedrichs des Zweyten irdische Reste für die Nachwelt verewigen sollen, das größte National-Denkmahl, daß man ihm hätte setzen können“[2]).

Seit jener alten bis in die jetzige Zeit hat man die Kräfte, die im Bernstein schlummern, zu erforschen und nutzbar zu machen gesucht. Seine Anziehungskraft reißt Krankheitsstoffe, Gifte und schädliche Einflüsse an sich; wie die Einschlüsse in ihm zeigen, vermag er sogar scheinbar die Verwesung aufzuhalten. Es dürfte deshalb von Interesse sein zu verfolgen, wie es sich selbst äußeren Einflüssen und dem Altwerden gegenüber verhält, wieweit er

[1]) 38, 425. 426. [2]) 12, 11. Anm.

sich selbst vor Einwirkungen der verschiedensten Art und schließlich vor seinem Zerfall und Vergehen zu schützen vermag, bis er schließlich doch dem Untergange anheimfällt.

Die **erste Veränderung**, die das fossile Harz im Laufe der Zeit erkennen läßt, besteht in einer tieferen Färbung. Selbst ganz lichte Stücke werden dunkler gelb und erhalten dann nacheinander rotgelbe, gelbrote, rote, braunrote, rotbraune und braune Töne. Sind sie verhältnismäßig dick, und ist das Dunklerwerden das Ergebnis einer längeren Zeit, so vermag das Licht kaum mehr den Bernstein zu durchdringen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen sind diese Umänderungen an der Oberfläche von Stücken bereits nach verhältnismäßig kurzer Zeit wahrnehmbar. Schon nach etwa 15—20 Jahren treten sie deutlich hervor, besonders wenn man die oberste Schicht mit einer Feile entfernt und den Farbenunterschied der äußeren, bereits veränderten, und der inneren, noch unveränderten Bernsteinsubstanz in Rechnung zieht[1]). Die rubinrote Farbe mancher Stücke hat sogar Veranlassung gegeben, derart durch die Verwitterung verändertes Material für Funde aus dem südlichen Europa zu halten, etwa für den sog. Rumänit oder den sog. Simetit. Hat diese Veränderung in einigen Fällen auch das ganze Stück durchzogen, so wird in den meisten doch ein innerer, gelber Kern nachzuweisen sein. Ein derart durch Verwitterung stark rot gefärbter Bernstein ist vor rund $2^2/_3$ Jahrhunderten am Ufer bei Putzig gefunden worden. Auf der Fundstätte hatte es eine aschgraue Hülle; diese dünne anhaftende Schicht schabte man mit einem eisernen Messer ab. Das gereinigte Stück wirkte — wie wiederholt als wunderbare Erscheinung berichtet wird — auf Blätter ein, die in 2 Schritt Entfernung am Boden lagen; es hob sie empor und riß sie an sich. Mischte man aus Spreu und Eisenstaub ein Pulver zusammen, so zog gewöhnlicher Bernstein nur die Pflanzenteilchen, dieses rote Stück aber das Metall an sich. So beschreiben Jonston[2]) und Rzaczynski[3]) die Eigenschaften dieses Fundes. Tatsächlich liegt stark verwitterter Bernstein vor, wie er in der Umgebung von Putzig häufiger gefunden wird[4]). Die rote bis rotbraune Farbe erinnerte an die Beschreibung, die Plinius vom Lynkurium gibt. Hob das geriebene Bernsteinstück mit den Spreublättchen gleichzeitig noch anhaftende Eisenpartikel hoch, so wurde dadurch die zuerst geäußerte Vermutung zur Gewißheit. Berichtet doch Plinius[5]) nach Diocles und Theophrast, daß das Lynkurium — „der Ligurische Bernstein“ nach Waldmann[6]) — nicht nur Blätter oder Strohhalme anziehe, sondern auch Teilchen von Erz oder Eisen. Die Art, wie Plinius von diesem *lyncurion* als einer gemma und von den sich anreihenden Fabeln spricht, verrät, „daß von einem mysteriös behandelten“ Krystall oder Körper die Rede ist[7]). Jedenfalls weist die mehrfach wiederholte Beschreibung dieses Putziger Fundes darauf hin, wie Mysterien des Altertums sich lange noch erhalten und bis in die neuere Zeit hinein fortdauernd ihren Einfluß bemerkbar machen.

1) **37**, 6. 2) **4**, 134. 135. 3) **8**, 179. 4) **50**, 112. 5) **1**, 420. 421. 6) 39. 1° Anm. 39. 7) **21**, 14. Anm. 8.

Bernstein ist für Luft, und wohl auch für alle anderen Gase und Gasgemenge, durchlässig. Die bei seiner Entstehung eingeschlossenen Tier- und Pflanzenreste fielen deshalb wie an der Luft der Zersetzung anheim. Von ihrer Substanz sind deshalb nur noch gelegentlich Reste erhalten; was uns diese Einschlüsse so wertvoll macht, ist die vorzügliche Erhaltung ihrer Formen. Hanns von Lengerken[1]) hat sich mit diesen Inklusen näher beschäftigt. Bei den meisten von ihnen fand er nur Kohlenreste. Eine vollständige Erhaltung war nur sehr selten. Von Bernstein durchtränkte Reste wurden auch aufgefunden. Sie stammen wahrscheinlich von Tieren her, die nach ihrem Tode und zum Teil mazeriert in das Harz gerieten. Nach wenigen Stunden verloren die herauspräparierten Überbleibsel bereits die Farbe und zerfielen in Staub — wie ägyptische Mumien nach der Befreiung von ihren Binden ja auch zerfallen.

In die Hohlräume, welche die organischen Reste bei ihrem Schwinden hinterließen, ist Luft eingedrungen und wirkt hier wie an der Oberfläche der Stücke. Hier beginnt die Veränderung auch damit, daß die fossile Harzmasse sich dunkler färbt und mit Verstärkung dieser Tönungen eine genaue Betrachtung mehr und mehr unmöglicht macht. Entsprechend zeigt sich auch der sog. „schlaubige Bernstein“ bei seinem blätterigen Aufbau der einsetzenden Verwitterung gegenüber nur wenig widerstandsfähig. — Die klaren Bernsteinarten besitzen am deutlichsten die Neigung, beim Liegen an der Luft in Rot nachzudunkeln. Hierzu scheinen wiederum die wassergelben oder schwach gelblichen am stärksten geneigt zu sein; die mehr gelb gefärbten gehen dagegen in Gelbrot über. Bastard verhält sich im ganzen wie Klar; die mehr weißen, als „perlfarbig“ bezeichneten Sorten und die gelblichen, „hellkunstfarbigen“ bilden auch hier besonders rote Übergangsschichten. Knochen zeigt dagegen beim Nachdunkeln eine braune oder schmutzig gelbgraue Oberfläche. Da hier die Bernsteinmasse dicht mit Hohlräumen erfüllt ist, schreitet die Verwitterung schnell zum Kern hin weiter, um bald eine dicke Schicht zu bilden[2]). Dabei wird „Klar“ schwach dunkel und zeigt bald bei schräger Beleuchtung das Auftreten zahlreicher scharfer Risse, während „Bastard“ sich mit einer bräunlichen, wachsglänzenden Schicht überzieht. Knochen wird dagegen porzellanglänzend und nimmt ein derart rissiges Aussehen an, als sei er aus einer zähen Masse durch Eintrocknen entstanden, und als seien infolgedessen die Ränder der Spalten schwach in die Höhe gehoben. Der schaumige Bernstein schließlich überzieht sich mit einer dünnen Schicht aus sprödem, klarem Bernstein.

Jedes rohe Bernsteinstück, das nicht gerade frische Bruchflächen besitzt, trägt eine dünnere oder dickere Kruste. Diese beginnt mit einem zarten Anflug und zieht sich im Laufe der Zeit immer mehr und mehr ins Innere hinein. Mit dem Altern wird diese Hülle daher immer stärker. Auch bei deutlich

[1]) 86. [2]) 37, 7; 17, 83.

erkennbaren, roten Farbentönen beträgt ihre Dicke nur Bruchteile eines Millimeters. Sie ist freilich nicht verwendbar, um die Zeit für die Entstehung einer Bruchfläche oder eines Kunstgegenstandes aus Bernstein auch nur annähernd zu bestimmen. Hier treten Schwierigkeiten dadurch auf, daß die Rindenpartie allmählich in den umschlossenen Kern übergeht, so daß eine genauere, und für alle Teile der Oberfläche verhältnismäßig gut übereinstimmende Messung nicht möglich ist. Hinzu kommt ferner, daß kantige und eckige Teile mehr von den Zersetzungserscheinungen betroffen werden als ebene oder mäßig gewölbte. Hier ist also die geometrische Form der Stücke nicht ohne Bedeutung[1]). Ferner wird die Erhaltung in hohem Maße von dem Boden bedingt, in dem sie ruhen. Kunstgegenstände aus der Steinzeit, also von gleichem Alter, zeigen sehr gut solche Verschiedenheiten. Je nachdem sie in trockenem oder feuchtem Boden lagen, besitzen sie eine gänzlich voneinander abweichende Beschaffenheit[2]). Berendt[3]) berichtet von einigen Bernsteinkorallen, die in einer Urne mit mehreren Münzen aufgefunden wurden. Sie wiesen die Brustbilder von St. Adalbert und Boleslaus I. auf, bestimmen (1845) demnach das Alter der Korallen auf etwa 800 Jahre. Die Kruste hatte während dieses Zeitraumes noch lange nicht die Dicke einer Linie — gleich etwa 2,2 mm — erreicht.

Die weiteren Verwitterungserscheinungen werden am besten verständlich, wenn man diesen Prozeß des Zerfalls mit einem Austrocknen[4]) vergleicht. Der meiste klare Bernstein entstand dadurch, daß die beim Ausfließen noch trübe Balsammasse sich in der Sonne klärte. Übereinander fließende Decken bildeten größere Stücke des fossilen Harzes. In den Zeitenräumen zwischen den aufeinander folgenden Ausflüssen veränderte sich aber die Oberfläche der letzten Harzdecke nicht unerheblich. Der neue Fluß überlagerte deshalb eine Decke, die physikalisch und chemisch von seinem Material verschieden war[5]). Trotzdem während jener Zeit vielfach durch Strömungen in der Harzmasse die schärfsten Gegensätze, wie sie bei dieser Entstehungsweise des klaren Bernsteins auftraten, verwischt wurden, machen sie sich doch noch hier und dort wieder bemerkbar; so z. B. bei den Verwitterungserscheinungen an einigen Teilen. Besonders bei geschliffenen Gegenständen lassen sich derartige Adern und Streifen vielfach antreffen. Verhältnismäßig selten sind sie bei ganz klarem Bernstein. Die verschiedenartige Beschaffenheit des durchsichtigen Materials bedingt dann das Zustandekommen dieser Erscheinung. Besser und häufiger wahrnehmbar sind solche Veränderungen, wo in einem Stücke klares und getrübtes Material vorliegt. Die Bläschen, welche hier die Undurchsichtigkeit des Bernsteins bedingen, setzen dem Zusammenziehen bei der Verwitterung einen größeren Widerstand entgegen, als die bereits geklärte Harzmasse. Sie geben deshalb auch die Veranlassung für die langsamere Schrumpfung der getrübten Partien, welche mit dem Verlauf der oberflächlichen Dunkelfärbung die klaren Teile ihrer Umgebung immer mehr und mehr überragen.

---

[1]) cf. 84. [2]) 37, 6. [3]) 19, 35. [4]) 18, 27. [5]) 87, 8.

Die Hülle, welche bei der Verwitterung entstand, wächst mit der Zeit an Dicke. Sie ist durch Einengung der ursprünglich vorliegenden Bernsteinsubstanz entstanden und wirkt deshalb stark pressend auf den Kern, der für sie zu groß wurde. Dieser gibt, wo er nur einen geringeren Widerstand entgegenzusetzen vermag, nach. Dadurch treten allerlei Verzerrungen auf, die sich besonders bei geschliffenen Stücken unangenehm bemerkbar machen. Platten, die mit planparallen Flächen versehen sind, werfen sich und werden windschief. Holt man sie nach einer Reihe von Jahren hervor und bringt sie zwecks Untersuchungen auf den Objektträger eines Mikroskops, so liegen sie hier nur in den seltensten Fällen fest auf. Meist wippen sie bei dem Versuch, sie in eine stabile Lage zu bringen, hin und her.

Die Spannung, welche die sich zusammenziehende Hülle ausübt, macht sich auch in entgegengesetzter Weise bemerkbar. Es erweist sich die Festigkeit dieser Außenhaut zu gering, um weiter deformierend wirken zu können. Sie reißt, und da sie mit den darunter liegenden Teilen fest vereint ist, an vielen Stellen. An geschliffenen Bernsteinplättchen älteren Datums kann man den Verlauf dieser Vorgänge gut beobachten. Es entstehen oft kleine, bogenförmige Risse, die fast ausnahmslos in gleichem Sinne angeordnet sind. Diese sinken ein, so daß sich von ihnen aus die Masse nach beiden Seiten langsam emporwölbt. Man könnte sich vorstellen, daß sie mit einem Fingernagel in eine weiche, nachgiebige Masse eingedrückt seien. Diese regelmäßig geformten und in Zügen verlaufenden, gleichsam gravierten Vertiefungen wurden von Liebhabern hoch geschätzt[1]). Man hielt sie für Naturspiele und sah in ihnen Schriftzeichen einer orientalischen, besonders der arabischen Sprache. Wieweit der Grabstichel des Bernsteinkünstlers in jedem Falle bei der Fertigstellung eines derartigen Stückes tätig war, läßt sich freilich nicht ermitteln. Jedenfalls waren solche Stücke sehr hochgeschätzt und wurden deshalb auch vielfach in Verzeichnissen von Bernsteinkabinetten besonders aufgeführt.

Bei schräger Beleuchtung kann man im klaren Stein während weiteren Fortschreitens der Verwitterung bald zahlreiche und scharfe Risse wahrnehmen. Neben diesen bilden sich dann gleichzeitig viele zarte Haarrisse, die sich immer mehr verästeln und immer weiter ins Innere vordringen. Auch die Einschlüsse, bzw. die Hohlräume im Bernstein, weisen derartige gröbere und feinere Risse auf. Aus dicht gedrängter Menge strahlen sie nach allen Richtungen hin aus. Die Oberfläche der erhaltenen Formen aus der Vorzeit ist deshalb wie von glänzenden Maschen oft in so hohem Maße eingeschlossen, daß man bei Insekten kaum die gröbsten und allgemeinsten Bestimmungen vornehmen kann. Diesen eigenartigen Zerklüftungen ist manche wertvolle Sammlung von interessanten Bernsteineinschlüssen zum Opfer gefallen. Besonders wo weitere Risse dicht aufeinander folgen und durch die dadurch bedingte Totalreflexion des Lichtes eine mehr oder weniger undurchsichtige Trübung des Bernsteins veranlassen,

[1]) 13, 208. 209.

oder wo neben den Rissen die Braunfärbung besonders stark ausgebildet ist, wird jede Beobachtung im Innern des fossilen Harzes so gut wie ausgeschlossen.

Mit der Verfärbung und Zerklüftung gehen noch andere Veränderungen einher. Durch die Schrumpfung und das Auftreten der vielen Risse ist der Bernstein abbröckelnd und mürbe geworden. Man muß deshalb eine recht erhebliche Menge abfeilen, um wieder auf unverändertes Material zu kommen. Ältere Kabinettstücke müssen deshalb zu Studienzwecken von neuem angeschliffen werden. Dieses Unterfangen ist nicht ganz unbedenklich, weil bei der Bearbeitung die Rinde sich gerne in Brocken loslöst. Der zuerst abfallende Staub ist bräunlich-gelb, mit dem Fortschreiten der Arbeit wird er immer heller, und vom festen Kern ist er schließlich fast so weiß wie von frischem Seestein. — Durch den Vergleich der größeren Sprödigkeit, wie sie nachgedunkelte Schichten zeigen, mit der geringeren auf frischen Schlifflächen läßt sich auch erkennen, ob man es mit einem zersetzten Bernstein zu tun hat oder mit einem von tatsächlich so tiefer Färbung.

Mit der Verwitterung ändert sich schließlich auch der Glanz der Oberfläche, er wird stumpfer, mehr fettig und nimmt dann mehr oder weniger ab. — Hat sich erst eine solche dunkle Verwitterungshülle um den klaren Bernstein gebildet, so schützt er — falls nicht die Bildung von Rissen einsetzt — die inneren Teile vor Einwirkung der Luft. Dieser Schutz ist, wie bereits hervorgehoben, durch eine solche Hülle beim klaren Bernstein größer als beim Bastard und Knochen.

Bei der Anlage einer Bernsteinsammlung ist vor allem darauf zu achten, daß man die Luft von den Schaustücken abhält. Man darf diese also nicht durchbohren, um sie dann auf Fäden oder mittels Fäden auf Sprossen reihen zu können; dadurch würden der Luft neue Angriffspunkte für eine Zersetzung geschaffen. Ferner dürften die Stücke nicht in offenen Glasschränken zur Schau gestellt werden, wo sie jederzeit betrachtet, aber ständig vom Tageslichte getroffen werden. Angestellte Versuche haben vielmehr dargetan, daß nur eine Aufbewahrung bei völligem Luftabschluß vor dem Nachdunkeln und seinen Begleiterscheinungen schützen kann. Durch Einbetten in geschmolzene Harze oder in destilliertes Wasser ist dieses zu erreichen. 1880 empfiehlt R. Klebs[1]) als besonders zum Einschließen geeignet eine Masse, die annähernd den gleichen Lichtbrechungsquotienten wie Bernstein hat. Sie besteht aus $2^1/_2$ T. Damar und 1 T. venetianischem Terpentin, die in Terpentinöl gelöst werden. Diese Flüssigkeit wird filtriert und bis zum ursprünglichen Gewichte vorsichtig eingedampft. — Die Natur selbst hat hingewiesen, daß unter Wasser eine gute Erhaltung des Bernsteins möglich ist. Zeigen doch aus ihm gewonnene Stücke im Gegensatz zum gegrabenen nur eine sehr dünne Rinde oder kaum eine solche; sie unterscheiden sich also wesentlich von dem aus der Erde gewonnenen.

---

[1]) 33, 25.

Mit dem Alter schreitet die Bildung der Kruste immer tiefer in das Innere des Bernsteins vor, bis schließlich die Zersetzung das ganze Stück ergriffen hat. Die stärkeren und feineren Risse sind dabei tätig gewesen, die Bernsteinmasse immer mehr und mehr zu zerklüften. So liegt schließlich eine graue bis schneeweiße, bröckelige oder erdige Masse vor, in der niemand beim ersten Blick bernsteinartiges Material vermuten dürfte. Besonders in sandigem Boden findet man vielfach derartige Proben, die durch und durch so zersetzt sind, daß sie sich kaum konservieren lassen. Schließlich werden auch die größten Stücke in Staub verwandelt, um dann in ihre Elementarbestandteile aufgelöst zu werden.

Wie bereits am Anfange gesagt wurde, bedeutet der Sauerstoff der Luft die eigentliche Veranlassung des Zersetzungsvorganges. Nicht nur alle an der freien Luft liegenden Stücke sind dieser Veränderung ausgesetzt, sondern auch solche, die mit Wasser in Berührung kommen, in dem Sauerstoff gelöst ist. In diesem letzteren Falle ist von dem stärkeren oder schwächeren Luftgehalte des Wassers die stärkere oder geringere Umänderung des Bernsteins an der Oberfläche bedingt. Auch die Temperatur und das Sonnenlicht stellen bei der Verwandelung des Bernsteins an der Oberfläche recht bedeutungsvolle Faktoren dar. Da die Luft mit ihrem Sauerstoffgehalt als konstant anzusehen ist, kann der Vorgang der Verwitterung als Funktion aus Erwärmung und Belichtung angesehen werden. Inwiefern ein häufiger Wechsel[1]) in den Lichtverhältnissen und der Temperatur der Atmosphäre dem Bernstein schädlich sein soll, ist für den ersten Fall wohl nicht ohne weiteres verständlich und zu übersehen, sofern es sich hier nicht auch um Änderungen in den einwirkenden Wärmeverhältnissen handelt. — Am weitesten seiner Zeit vorausgeeilt ist Nath. Sendel, der bereits 1726 als bedeutungsvoll für die Verwitterung angibt: Luft und Wärme, begleitende Erdart (terra) und Fundort (locus).

Inwieweit Temperaturerhöhung bei der Verwitterung eine Rolle spielt, zeigt jedes Bernsteinstückchen, das man längere Zeit an einem wärmeren Orte aufhebt oder gar erhitzt. Das Sonnenlicht wirkt ebenfalls die Zersetzung befördernd ein. Unter seiner Einwirkung bildet der Bernstein eine dunklere Haut, wie sie ja bräunend auch auf vielen anderen Substanzen organischer Herkunft entsteht. Interessant sind in dieser Hinsicht die Ergebnisse von J. Larguier des Bancels[2]), der gefärbte Resinate der Lichtwirkung aussetzte. Er behandelte Kolophon mit einer Lösung von Soda oder Pottasche, brachte einen entsprechenden Farbstoff — wie Rhodamin, Safranin — hinzu, fällte dann mit einem Metallsalz, wusch den Niederschlag und trocknete im Dunkeln. Diese Präparate verlieren, dem Lichte ausgesetzt, ihre Löslichkeit in gewissen organischen Lösungsmitteln, z. B. in Benzin, Toluol und Xylol. In anderen Lösungsmitteln werden sie jedoch erst nach der Belichtung löslich, z. B. in Methyl- und Äthylalkohol.

---

1) 24, 286. 2) 83.

Diese Abänderung der Resinate wird wesentlich durch die Strahlen von kurzer Wellenlänge bedingt.

Über die Wirkung des Lichtes auf Bernsteinmaterial berichtet ferner G. Murgoci[1]). Zur Ausführung von Bernsteinanalysen war gepulvertes Material verwendet worden und der Rest in Glasfläschchen, fest verschlossen, fast 10 Jahre hindurch aufgehoben. Die Proben hatten sich oberflächlich rotbraun gefärbt, besonders dort wo sie dem Lichte mehr ausgesetzt gewesen waren.

Sendel, welcher auf dem Standpunkte der mineralischen Natur und Entstehungweise des Bernsteins steht, gibt von dessen Krustenbildung folgende Erklärung. Die Hülle um die Stücke bildet sich erst nach der Entstehung und Erhärtung des Materials und zwar durch die schädlichen Einwirkungen sowohl der Luft, als auch des Gesteinsmaterials der Lagerstätte und der Eigenart des Fundortes. Die Luft, besonders in Gemeinschaft mit Wärme, bringt die Bernsteinstücke an ihre Bildungsstätte zum Ausschwitzen. Dabei werden vorzugsweise die äußeren Teile in Mitleidenschaft gezogen, und feine und flüchtige Teile, welche an ihrem Aufbau beteiligt sind, entweichen. Sie verlassen die Stücke durch Poren, welche sich öffnen und den veränderten Proben eine poröse und rauhe Oberfläche verleihen. Dabei tritt auch ein Wechsel in der Farbe ein[2]). Das ist sowohl der Fall, wenn sie von selbst auf natürlichem Wege verwittern, als auch, wenn dieser Prozeß durch Erhitzen im Sandbade künstlich herbeigeführt wird. — In dieser Darstellung ist die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und das Entweichen von Kohlendioxyd und Wasserdampf richtig wiedergegeben. Daß bei dem teilweisen Schwinden der Substanz und der dadurch bedingten Zusammenziehung der äußeren Hülle Risse und Sprünge auftreten müssen, ist nicht erkannt, dafür sieht Sendel in den entstehenden Unterbrechungen der Oberfläche Poren, die Gasen und feinen Körpern aus dem Innern den Weg nach aussen hin freigeben.

Gleichzeitig erwähnt dieser Elbinger Arzt aber auch eine künstliche Verwitterung, die durch Erhitzen der Stücke im Sandbade erzielt werden kann. In der Tat verhält sich der Bernstein in vielen Punkten beim Erwärmen ähnlich, als wäre er der Verwitterung ausgesetzt. Das Fossil wird in beiden Fällen oberflächlich verändert, und die zuerst entstehende braune Hülle geht schließlich in eine rissige Kruste über. Bei dem Erhitzen fangen die zuerst schmelzenden Harzverbindungen der Bernsteinsubstanz an sich zu zersetzen und entweichen in Gasform. Dadurch tritt eine Lockerung der äußeren Teile ein, die sich durch Abnahme des spezifischen Gewichtes äußert[3]). Außerdem entstehen Sprünge, je nach der Richtung und Größe der inneren Spannungen. Besonders der durch Erwärmung dunkler gefärbte Stein zeigt bei schräger Beleuchtung viele und scharfe Risse. Auch hierbei treten scheinbar einige Teile über die anderen hervor; desgleichen machen sich Verzerrungen bemerkbar. Nach längerem Erhitzen wurden einige kleine Platten oberflächlich rauh[4]). Die Un-

[1]) **72,** 7. [2]) **9,** 64. 65. [3]) 55, 16. 17. [4]) 75, 36. 37. 44.

ebenheiten erwiesen sich unter dem Mikroskop als viele winzige, mehr oder weniger geordnete, gekrümmte Risse. — Diese Erscheinungen zeigen Übereinstimmungen mit denen bei der Verwitterung. Spezifisch für die Veränderungen beim Erhitzen ist der Umstand, daß lufthaltige Sprünge an den randlichen Teilen in kugelrunde Bläschen überzugehen trachten und den erweichten Bernstein über sich emporwölben.

Bei der Verwitterung auf natürlichem Wege schützt die zuerst entstehende Kruste die inneren Teile vor schneller Veränderung. Ob ähnliches auch beim Erhitzen des Bernsteins stattfindet, versuchte ich an der Hand der von mir ermittelten Daten[1]) klarzulegen. Die Dicke der Platten beim Ausgangsmaterial vor und nach dem Erhitzen auf eine mittlere Temperatur von 178° sind zuerst zusammengestellt. Dabei ist zu bemerken, daß der zweite Wert als arithmetisches Mittel je aus den 3 letzten Werten jeder Beobachtungsreihe gewählt wurde. Infolge der Aufblähungen und der Verbiegungen und Deformationen ist bei den dünneren Platten eine genaue Festlegung der Dickenabnahme im gesamten Stück verhältnismäßig schwierig und teilweise unmöglich. Bei den dickeren Stücken erfolgt die Abnahme dagegen gleichmäßiger.

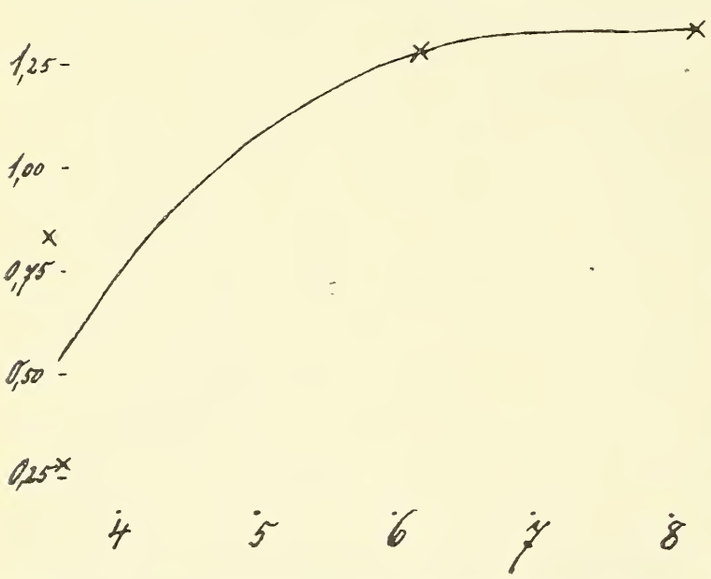


Fig. 1. Beziehung zwischen Substanzverlust und der Dicke erhitzter Bernsteinplättchen.

Wird aus der Dicke des Ausgangsmaterials und dem Verlust an Dicke der in % berechnet, so läßt sich leicht übersehen, daß mit der Stärke der verwendeten Platte der Verlust an Material abnimmt, daß also das Schwinden nur oberflächlich vor sich geht und die Kruste den Kern zu schützen vermag.

No.	Platte vor dem Erhitzen, Dicke in mm	Platte nach dem Erhitzen, Dicke in mm	Verlust an Dicke in mm	Verlust an Dicke in %	
1	3,60	3,59 ± 0,01	0,01	0,28	0,56
2	3,56	3,53 ± 0,03	0,03	0,84	
3	6,19	6,11 ± 0,02	0,08	1,29	
4	8,22	8,11 ± 0,01	0,11	1,34	

Die Resultate sind in Figur 1 graphisch zusammengestellt. Dabei bezeichnen die Zahlen in der Horizontalen die Plattendicke, die in der Vertikalen den Verlust an Dicke in %; die beiden auseinanderliegenden Werte für

[1]) 75, 38. 39.

1 und 2 sind ebenfalls eingetragen; für die Zeichnung der Kurve wurde der Mittelwert aus ihnen verwendet.

Die bereits erwähnte, von SENDEL gegebene Erklärung für die Entstehungsweise der Bernsteinkruste bedeutete für die damalige Zeit einen großen Fortschritt in der Erkenntnis der Natur des Bernsteins. WIGAND[1]) hatte 1590 eine Theorie aufgestellt, die über ein Jahrhundert lang maßgebend war. Auch er war der Meinung, daß Bernstein mineralischen Ursprungs sei. Stücke von diesem würden vom Boden des Meeres losgerissen und dann durch die Kraft der Wellen herumgerollt und abgerieben. Gleichsam durch das Altwerden und diese Bewegung entstände die rötliche Haut, die den glänzenden Stein überziehe und umschlösse. Die Dicke der Kruste wachse mit der Länge der Zeit mehr und mehr.

Studien, die J. LABATUT[2]) über die Färbung des Kolophoniums machte, ergaben, daß absorbierter Sauerstoff sowohl in der Kälte wie in der Wärme, in Luft oder in anderen Gasen und Gasgemengen, allein die Veränderung in der Farbe des Kolophons bedingt. Auch die Entwickelung erheblicher Mengen von Kohlenstoffdioxyd und Wasserdampf bei der Einwirkung von reinem Sauerstoff in der Kälte wurde bei dieser Braunfärbung wahrgenommen. Die Geschwindigkeit der Absorption wächst mit der Temperatur, dem Druck und der Oberfläche des Kolophons. Indessen hängt die Farbe, die Kolophon dabei annimmt, nur von der Sauerstoffmenge ab, welche die Gewichtseinheit absorbiert. Bei der großen Verwandschaft von Bernstein und Kolophon ist zu vermuten, daß die gleichen Gesetzmäßigkeiten auch bei dem ersteren zu erwarten sind.

Bei dem unzersetzten baltischen Bernstein, dem Succinit, liegt in den meisten Fällen die **Färbung** zwischen gelb und weiß. In letzterem Falle handelt es sich um einen Balsam, der so trübe, wie er ausfloß, an einem geschützten Orte eintrocknete und später zum fossilen Harz wurde. Die verschiedenen Übergangsstufen von ihm bis zum klaren Stein hinüber sind vielfach durch eigentümliche Tönungen ausgezeichnet und oft sehr hoch geschätzt worden. Bei dem Eintritt der Verwitterung geht die mehr wasserklare bis weingelbe Färbung von Klar in gelbrote, rote und schließlich in rotbraune und braune Farbentöne über. Viele Schmuckgegenstände aus älterer und alter Zeit erhalten erst durch diese tiefer gefärbte Patina ihren eigentümlichen Reiz. Mit frischem Stein zusammengestellt, wirken sie durch den Kontrast in ganz besonderer Weise. Der tiefrote, durch Verwitterungsvorgänge entstandene, zeigt Fluoreszenserscheinungen, die aber beim Ausgangsmaterial für den Bernsteinkünstler kaum von Bedeutung sind, da Stücke aus derartigem Material oberflächlich meist bereits rissig sind, und man sie nur so in Bearbeitung nimmt, daß man die ganze rötliche Kruste entfernt. Die getrübten Bernsteinarten zeigen bei der Verwitterung ebenfalls verschiedene Veränderung, was Färbung, Aussehen und Glanz angeht; hierüber ist bereits am Anfang gesprochen. Eigentümliche

---

[1]) 3, 13. [2]) **71**, 32. 33. 34. 43. 47.

und besonders auffallende weitere Ausbildungen sind so selten, daß sie nicht in Betracht kommen.

Der Farbenkreis, den der Rumänit, der rumänische Bernstein, uns bietet, ist ungleich reichhaltiger. Viele seiner Stücke erinnern lebhaft an den baltischen Stein; im allgemeinen herrschen bei ihm aber tiefere Farben vor. Klar geht er von Gelb durch Rosen- und Granatrot in Braun über, rauchgraue Stücke tönen sich bis zum bläulichen und schließlich ganz tiefen Schwarz ab. Gelegentlich zeigen sie grünliche oder tief blaue Reflexe; derartige Floureszenserscheinungen wiesen an einigen Stücken bei durchfallendem Lichte braunrote, bei auffallendem dagegen grünbraune bis grünblaue Farben auf. Die Verschiedenartigkeit wird noch dadurch erhöht, daß die einzelnen Stücke verschiedenartig gefärbt und durchgebildet sein können. So weisen sie z. B. lichte Adern — oft an ein Netzwerk erinnernd — in dunkler Grundmasse und umgekehrt auf, oder dunklere Knoten und Kerne in einer lichteren Hülle. — Getrübte Stücke sind sehr selten. Von diesen sind die häufigeren „Flohmig" und besonders „Bastard." Durch parallel angeordnete Schichten vom Bläschen kommt die Bildung von sog. „Perlmutter", durch feine Risse in gelben, besser noch in bräunlichem Bastard eine andere zustande, die an Katzenauge, bezw. an Avanturin erinnert[1]).

Diese tieferen Farbentöne mit ähnlichen Fluoreszenserscheinungen lassen sich auch bei dem sizilianischen Bernstein antreffen. Auch hier fehlen die getrübten Varietäten fast ganz. Sein prächtiges Aussehen hat Arnold W. Buffam zur Abfassung eines Buches begeistert, das einem Lobliebe in freier Form gleicht; es erschien 1896 und führt den Titel „The Tears of the Heliads; or, Amber as a Gem".

Auch bei dem Succinit waren zur Römerzeit die tiefer getönten Stücke höher geschätzt als die lichteren. Den höchsten Wert hatten die dunkelgelben und klaren, die keinen allzu feurigen Glanz hatten, die also bereits längere Zeit der Einwirkung der Verwitterung ausgesetzt gewesen waren. Hatten sie bei mattem Glanz und voller Durchsichtigkeit die Farbe des Falernerweins, so wurden sie nach Plinius besonders hoch geschätzt und nach diesem direkt benannt. Wie dieser Autor zeigt, wußte man bereits Bernstein künstlich zu färben, und einige der verwendeten Methoden führt er auch an. In der römischen Kaiserzeit war Aquilegia der Ausstrahlungspunkt für alle Bernsteinarbeiten. Von hier stammen fast sämtliche Succinit-Gegenstände in den Aschenurnen von den Gräberstraßen, die nach allen Richtungen hin auslaufen. Am häufigsten ist unter diesen der dunkelgelbe Stein, der von den Römern künstlich gefärbt wurde und als „Falerner" bezeichnet wurde, am seltensten der durchsichtige. Der erstere zeigt überall im Bruch oder Kern noch die ursprüngliche, gelbe Farbe[2]). Ritter und besonders E. Hanausek ist es in neuerer Zeit gelungen, in Anlehnung an das von Plinius geschilderte Verfahren, Bernstein verschiedenartig zu färben.

---

[1]) 52, 69. 71. 72; 72, 5. 6. [2]) 70, 8. 24.

Bereits bei der allgemeinen Besprechung der Verwitterungsvorgänge wurden Erscheinungen erwähnt, die beim Eintrocknen des fertig vorliegenden Bernsteins auftreten. Es findet ein Schwinden der Substanz statt; ein Umstand, der sich durch das Auftreten von Rissen, beim baltischen Bernstein ebenso wie beim rumänischen, und durch das Auftreten einer rötlichbraunen, geborstenen und rauhen Zersetzungskruste anzeigt[1]). Unter dem letzteren Stein findet sich eine Art, die man als „succin brûlé" oder „succin gelé" bezeichnet. Sie ist granatrot, durchsichtig, von vielen Sprüngen durchsetzt und daher leicht zerbrechlich. Bei der Zerstörung solcher Stücke nimmt man einen halbmuschelförmigen Bruch wahr und neue, **wie Kristall glänzende Risse.** Die Flächen älteren Datums sind matt[2]). Auch unser Bernstein zeigt in seinen verwitterten Stücken gelegentlich eine derartige Ausbildung. Die leichte Zerbrechlichkeit hat die Veranlassung dazu gegeben, daß solche sich nicht häufiger in den Sammlungen finden; großenteils gehen sie bereits wohl auch bei der Wäsche des frisch gegrabenen Materials in Trümmer. Der Succinit unterscheidet sich in dieser Ausbildung von dem Rumänit nur dadurch, daß er selten die rote Granatfarbe, meist dagegen die gewöhnliche, gelbe Farbe des Bernsteins hat. — Der so veränderte Bernstein von beiden Lokalitäten enthält wohl oft noch einen gesunden Kern. Die Verwitterung, die gewöhnlich nur an der Oberfläche der Stücke wirkt, ist hier tief ins Innere eingedrungen. Dann waren die peripherisch gelegenen Risse nicht breit genug, um der Luft ungehinderten Zutritt ins Innere zu gestatten. Wie weit durch die oberflächliche Schrumpfung und dadurch auftretende Spannungen im Stein diese Zerklüftung gefördert wurde, ist nicht ohne weiteres ersichtlich. Sie zeigt nach der Oberfläche hin weniger glänzende Sprungflächen zum Beweis, daß die Luft hier bereits mit weiteren Umänderungen vorgeht. Ist der Bernstein durch Bläschen getrübt, so erinnert er mit seinen vielen Rissen an Schwefel. So erwähnt Bock einen Bernstein „Grumosum, sulphureum. Gelbbrockig, wie Schwefel"[3]).

Der „ambre brûlé" Rumäniens enthält weniger Kohlenstoff als unveränderter Stein[4]). Otto Helm erhielt ähnliche Resultate, als er ein Bernsteinstück mit recht erheblicher Verwitterungsrinde untersuchte. Im klaren, gelben Kern fand er 78,63 % C, in der inneren, roten Verwitterungsschicht 74,63 % C und in der äußeren, braunen sogar nur 66,91 % C[5]). Bei der großen Übereinstimmung zwischen Rumänit und Succinit erhält die Auffassung, daß die Zerklüftung auf Oxydationsvorgänge zurückzuführen ist, eine gewisse Stütze. — Der sizilianische Bernstein nimmt dagegen mit der tieferen Färbung an Kohlenstoff zu. Da es sich bei den angestellten Analysen aber um verschiedene „Qualitäten" und nicht um Werte von verschiedenen Proben eines und desselben Stückes handelt, müssen die erhaltenen Resultate — 69,48 % C, 77,27 % C und 82,30 % C — hier unberücksichtigt bleiben[6]). Ähnliche viel-

[1]) 72, 7. [2]) 72, 7; 52, 71. [3]) 10, 126. [4]) 72, 12. 13. [5]) 36, 9. 10. [6]) 34, 294; 36, 8. 9.

fach unübersichtliche Verhältnisse liegen ja auch bei den verschieden gefärbten und gezeichneten Ausbildungen des Rumänit vor.

Es ist noch hurz zu erwähnen, daß dieser mit Sprüngen durchsetzte rumänische Stein trotz seines oft prächtigen Aussehens als Handelsware nicht in Frage kommt[1]).

Gelegentlich geschieht es freilich, daß geborstene Stücke von Rumänit ein besonderes Bild aufweisen. Die tiefer gefärbte Grundsubstanz wird dann von sehr hell gefärbten Adern wie von einem Netzwerk durchzogen. Auch dunkle Partien dieses Harzes in helleren sind beobachtet worden, sowie mancherlei ähnliche eigentümliche Ausbildungen[2]). Hierbei handelt es sich um eine nachträgliche Ausfüllung bereits entstandener Klüfte durch noch jüngeres lichteres Material, beziehungsweise um einen Stein, der als Kern erhalten blieb und sich mit einem Mantel von jüngerem Harzmaterial umgab. Besonders unter älterem Fichtenharz lassen sich ebenfalls Proben finden, die nur dadurch rötlich erscheinen, daß der lichteren Grundsubstanz kleine, rote ältere Harzstücke eingebettet sind[3]).

Außer diesen Rissen, die durch die Schrumpfung der oberflächlichen Teile veranlaßt werden und oft Erscheinungen hervorrufen, welche an die Verwerfungen in unserer Erdkruste erinnern, entstehen auch solche durch geologische Vorgänge. So führt G. Murgoci die größeren Sprünge im Innern des Rumänit nicht nur auf Wärmewirkungen innerhalb der Lagerstätten, sondern auch auf die Druckkräfte, die hier auftraten, zurück. Diese hatten ebenfalls einen Einfluß auf die Ausbildung seiner inneren Struktur. Dafür findet er einen Beweis in dem Umstande, daß so häufig Doppelbrechung auftritt[4]). Auch R. Klebs[5]) sprach bereits die Meinung aus, daß dieser Bernstein unzweifelhaft die verschiedensten Oszillationen der Erdrinde auf primärer Lagerstätte mitgemacht habe. Die sich hier abspielenden Verschiebungen blieben auf ihn um so weniger ohne Einfluß, als er in festem Material eingebettet lag. Bei seiner geringen Elastizität vermochte er nicht nachzugeben und durchzog sich mit einer Menge Verwerfungen, welche unter dem Gebirgsdruck später „wieder einigermaßen zusammenheilten“. Diese großen, Flinten-artigen Sprünge stören den Zusammenhang des Stückes kaum, trotzdem sie es oft in so hohem Maße durchsetzen, daß es geschliffen einen goldigen, fast seidenartigen Glanz annimmt. Derartiger Bernstein wird besonders hoch geschätzt und auf die feinsten Rauchkolben verarbeitet.

Diese beiden Angaben bedürfen einer gewissen Erörterung. Es ist nämlich das Auftreten der erwähnten Doppelbrechung nicht immer vom Gebirgsdruck abhängig. Auch beim Eintrocknen und bei inneren Klärungsvorgängen getrübter Bernsteinstücke tritt sie auf, besonders beim Versuch schlaubiger Stücke aufzublättern. Daher gibt C. Istrati[6]) mit Recht an, daß diese Kluftflächen sich in ihrem Verlauf häufig nach den inneren Verhältnissen richten; so vermöchten

---

[1]) 72, 33. [2]) 52, 71. 72. [3]) 76, 342. 343. [4]) 72, 32. [5]) 57, 209. 210. [6]) 52, 71.

sie leicht darüber Aufschluß zu geben, wie das Fließen des Harzes sich vollzog, und wie die einzelnen Decken der Schlauben sich aneinander schmiegten. Ob das Fließen allein beim Entstehen des Bernsteins oder auch später noch beim Lagern durch Ausgleich stattfand, ist nachträglich freilich nicht mehr zu übersehen. — Ferner ist der an dieser Stelle hervorgehobene, von R. Klebs gegebene Ausdruck „Zusammenheilen" höchst bemerkenswert. Ist es doch das erste Mal, daß eine spätere Vereinigung von Bernsteinstücken auf der Lagerstätte ohne jede äußere Beihilfe erwähnt wird.

Die ursprünglich aus Wunden der Bernsteinbäume tretende Balsammasse war trüb, erst bei der Einwirkung von Sonne und Wärme überhaupt traten die ihr beigemengten Bläschen zu größeren zusammen und stiegen an die Oberfläche. Mit dieser Vereinigung setzte die Klärung ein. Kam diese vollkommen zum Abschluß, so entstand der klare Stein; war der Balsam geschützt, so daß sie bald ins Stocken kam, so entstand der weiße Knochen. Doch auch dieser hat fast immer einen klareren Kern, der beim Eintrocknen sich noch längere Zeit weich erhielt und in der Klärung weiter fortfuhr. — Die bei dieser durch Vereinigung kleinerer Bläschen entstehenden, größeren konnten derart anwachsen, daß sie dem Bernstein ein schaumiges Aussehen verliehen. In dieser Ausbildung lagert er sich sogar noch als eine Schicht über dem Knochen[1]). Doch auch Bernstein, dessen Bildung man als abgeschlossen ansehen kann, zeigt ähnliche Klärungsvorgänge. Selbst im Innern treten Bläschen zu größeren zusammen, und von diesen aus wirkt die eingeschlossene Luft oxydierend und klärend auf die Umgebung ein. Da die Durchlüftung der einzelnen Stücke nur eine äußerst mangelhafte ist, sind diese Vorgänge im Innern gegen die an der Oberfläche freilich recht unbedeutend[2]). Auch von Bläschengruppen aus, deren winzige Individuen noch nicht zusammengetreten sind, kann die Klärung einsetzen[3]). Sie beginnt bei getrübtem Stein also gleichzeitig von außen und innen, vorherrschend freilich in ersterer Richtung. Zigarrenspitzen aus derartigem Material beginnen sich infolge des bequemeren Luftzutritts nach innen hin und bei der größeren Annäherung der inneren Teile an die immerhin verhältnismäßig warmen Verbrennungsgase gleichmäßig von der gesamten Oberfläche, der äußeren und inneren, zu klären. Doch auch bei niederer Temperatur geht die Klärung vor sich. So haben sich z. B. viele Bernsteingegenstände aus der Steinzeit mit einem Mantel von klarem oder schwach flohmigem Stein bedeckt. Ihr Kern behielt freilich während der Lagerung von rund 3000 Jahren noch seine ursprüngliche Beschaffenheit als Bastard.

Bei dieser nachträglichen Klärung ist es den größeren Bläschen im Innern meist ganz unmöglich, an die Oberfläche zu gelangen. Wo sie verschwinden, handelt es sich also um andere Vorgänge, wie bei der Klärung des ausfließenden Balsams. Man spricht von einem „Sichschließen" der Bläschen in diesem Falle. Leider habe ich in der vorliegenden Literatur nirgend eine

1) **41**, 33. 2) **87**, 9. 15. 16. 3) **87**, 5. 6.

Stelle gefunden, die Näheres über diesen Vorgang angibt. Otto Helm[1]) weist bereits bei den Verwitterungserscheinungen des trüben Bernsteins darauf hin, daß die Bläschen nur im Innern der Stücke vollkommen rund sind. Nach außen hin werden sie etwas kantig, dann sehr unregelmäßig um schließlich ganz zu verschwinden.

Bei dem ausfließenden Terpentin der Schwarzkiefer, *Pinus austriaca* Hoess et Trat. = *Pinus nigra* Lück, fand Klebs einen großen Ölgehalt. Der zuerst klare Ausfluß, wird bald trüber. Beim Abfließen längs des Stammes verliert er rasch sein Öl, so daß sein Gehalt in dem aufgelesenen Harze zwischen 5 und 30 % wechselt[2]). Auch in dem Bernstein liegen außer dem Reinharz noch Beisubstanzen vor. Wieweit diese bei der Fossilisation noch erhalten sind, ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Doch ähnlich wie diese mit der Zeit zum großen Teile entwichen, verhalten sich jetzt noch einige Harzbestandteile von niederem Schmelzpunkt. Vorzugsweise kommt der in Alkohol lösliche in Betracht, der reichlich im Bernstein enthalten ist und bereits unter 100° C erweicht. Diese Substanz oxydiert sich lebhaft an der Oberfläche und, da sie das ganze Harz durchtränkt, wandert nach außen, sobald hier ein Verlust stattgefunden hat. Daher wird die Bräunung auf der Oberfläche immer lebhafter, während aus dem Inneren immer entsprechende Zufuhr an Material stattfindet. Es ist für mich außer Frage, daß diese Harzmassen und die in ihnen gelösten und auf den Bläschenflächen abgesetzten Substanzen an dem Zusammenfallen der Bläschen vorwiegend, wenn nicht ausschließlich, beteiligt sind. Daß eine solche innere Bewegung des leichtbeweglichen Harzbestandteils möglich ist, ergibt sich aus dem Umstand, daß man ihn durch Kochen von Succinit in Öl herausholen kann. Die so behandelten Proben werden spröde[3]).

Gleichzeitig läßt sich durch diese Verarmung der Bernsteinstücke von diesem alkohollöslichen und der anderen in ihm enthaltenen Harze leicht erklären, weshalb der Bernstein bei langem Liegen auch im Inneren die Neigung hat, rissig zu werden.

Die Beobachtung, daß die dunkler gefärbten Teile, die auf und in der Nähe der Oberfläche auftreten, einen hellen bis ganz wasserklaren Kern umschließen, ist bereits von Aycke gemacht. Er spricht die Meinung aus, daß die Außenhaut den „Farbstoff“ anzuziehen scheine. Zu dieser Auffassung kam er durch Beobachtung einer Reihe verwitterter Stücke von Erdstein. Er vermochte bereits unter der Lupe wahrzunehmen, wie der Farbstoff hier im Material ungleichmäßig verteilt sei, und wie dieser sich in gelblichen Streifen und in krummen Windungen wie in einem künstlichen Glasfluß herumziehe[4]). Klärungsvorgänge, die sich an vorher gleichmäßig getrübten Stellen unter Bildung von Schlieren und Wolken bemerkbar machten, beobachtete ich bei Versuchen, Succinit auf trockenem Wege zu klären. Dabei wurde ein Bastardstück 20 Tage hindurch ununterbrochen auf ungefähr 50° C gehalten[5]). Bei

[1]) **41**, 39. [2]) **41**, 34. [3]) **55**, 12. [4]) **17**, 69. [5]) **55**, 9.

mikroskopischer Beobachtung ließ sich ferner erkennen, daß Stücke, welche makroskopisch vollständig durchsichtig und gleichartig aufgebaut erschienen, stellenweise doch getrübt waren. Das war sogar in so hohem Maße der Fall, daß ein unter Bernsteinplättchen liegendes Objekt in seiner feineren Ausbildung in vielen Fällen nicht mehr deutlich oder überhaupt nicht erkannt werden konnte. Bei anderen Proben zeigte sich, wie die Patinisierung an gewissen Stellen von Sprüngen und Schlieren aus ins Innere dringt. Dann färbt sie gewisse Stellen, die sich kaum merklich von ihrer Umgebung abheben, tiefer[1]). Diese Schlierenbildung, welche bei der Klärung des Succinits auftritt, läßt sich dort besonders gut verfolgen, wo kleine Einschlüsse bestimmte Stellen im Stein markieren, so daß man sich über deren Veränderung unterrichten kann. Gelegentlich kann man auch Reihen und Schnüre von Bläschen beobachten, die durch Ablenkung aus ihrer eigentlichen Lage auf Strömungen im Inneren hinweisen[2]).

Auch wenn die Oberfläche des Bernsteins sich nicht infolge kräftigerer Oxydationsvorgänge bräunt, wandert der alkohollösliche Harzbestand des Bernsteins teilweise nach außen hin und überzieht diesen mit einer mehr oder weniger zarten Decke. Ihr Material ist spröde und klar. Am besten läßt sie sich an getrübtem Bernstein wahrnehmen, weil sie sich hier von dem Untergrunde bei seitlicher Betrachtung von Bruchstücken besonders gut abhebt. Sie ist auch auf solchem Material zuerst beschrieben. Aycke schildert den durch Verwitterung vollkommen zerklüften Bernstein und hebt bei Erinnerung an dessen „kristallinisch-körniges Gefüge“ hervor, daß dieses hin und wieder zu einer soliden Masse zusammengeflossen sei, daß also auch hier ein teilweises Zusammenheilen stattgefunden habe[3]). Wie bei den Brocken aus dunklem zerborstenem Rumänit durch die Adern aus lichtem Bernstein wieder eine Vereinigung erzielt wird, oder bei den bereits etwas oxydierten Krümchen von Fichtenharz durch lichtere Substanz, liegen die Verhältnisse auch hier. Die zwischen den Flächen der großen, lichten Flinten-ähnlichen Flimmern im Rumänit nachträglich einsetzende Verschmelzung tritt also auch hier auf. Die verkittende Masse ist deshalb in dem leicht schmelzbaren Harzbestandteil des Succinits zu sehen.

Auch die mehr erdigen Zersetzungsprodukte sind ähnlich den kristallin erscheinenden oft mit dem dünnen Überzug von durchsichtigem Bernstein bedeckt. Oft ist er bis zum Verschwinden abgescheuert, andererseits aber ist er dann wieder stark genug, um solchen Stücken den Anschein von Festigkeit und Einheitlichkeit zu geben[3]). Bei idealer Ausbildung ist die Decke 1—2 mm stark. Am meisten scheint sie auf schaumigen Stücken bekannt zu sein[4]). Durch das Auftreten derartiger heller Hüllen läßt sich auch das Zustandekommen solcher Stücke erklären, welche im Inneren tiefer gefärbt sind, so wie man sie von Rumänit kennt.

Schwieriger ist das Zustandekommen solcher Stücke zu erklären, bei denen heller Rumänit von dunkeln, schwarzen Adern durchzogen wird[5]). Ob es sich

---

[1]) 75, 27. [2]) 87, 11. [3]) 17, 75. 76. [4]) 41, 38. [5]) 52, 60; 72, 5.

um kräftige, oberflächliche Oxydation zerbröckelten, frischen Materials und nachträgliches Zusammenheilen handelt oder um eine heterogene Substanz, welche in die Spalten drang, vermag ich nicht zu entscheiden, da mir derartige Proben nicht vorgelegen haben.

Durch teilweises Erweichen der Bernsteinsubstanz beim Erwärmen und entsprechend aber äußerst langsam verlaufende Vorgänge bei gewöhnlicher Temperatur bilden sich im Inneren von Bernsteinstücken Hohlräume. Ihre Entstehung wird durch eine Lockerung des Materials angebahnt, ihre Bildung durch vorhandene oder entstehende Spannungen und durch die Richtung des kleinsten Widerstandes bedingt. Wie beim Erhitzen in vielen Fällen, besonders bei einem schnellen Tempo des Versuchs, sich im Inneren viele scharf umgrenzte glatte Risse, in dem äußeren Teile dagegen ellipsoidische und sogar rundliche und runde Bläschen bilden, treten bei langsamem, vorsichtigem Erwärmen oder bei gewöhnlicher Temperatur eigenartige, größere oder kleinere, schuppenartige Sprünge, sog. Flinten, auf. Während andererseits die Bläschen im Bernstein sich durch Erwärmen wieder zu schließen vermögen, indem sie sich mit Harzmasse füllen, heilen die Flinten entsprechend mit ihren Trennungsflächen durch Ausscheidung des bereits erwähnten, leicht schmelzbaren Harzbestandteils wieder zusammen und können vollständig verschwinden[1]).

Die Störungen des Zusammenhangs in dem Material des Bernsteins können auf verschiedene Weise zustande kommen. Bei gewaltsamem Ausgleich von Spannungen entstehen in der Regel Sprünge, z. B. bei der Wirkung von Gebirgsdruck und rasch verlaufendem Temperaturwechsel. Findet der Ausgleich dagegen mehr oder weniger langsam statt — am besten in der erwärmten Harzmasse — so bilden sich in der Regel Flinten aus, z. B. beim Klären auf nassem oder trockenem Wege oder auch bei bloßem Liegen an günstigem Orte. Andere Möglichkeiten der Rißbildung stellen sich zwischen diese beiden. Es entstehen dann je nach den mitwirkenden Bedingungen Risse oder Flinten, bzw. beide nebeneinander, z. B. bei dem Zusammentrocknen der fertig vorliegenden Harzmasse, wobei von vorhandenen, eingeschlossenen Widerständen, wie Bläschen und Inklusen, aus sich Spannungen bemerkbar machen. Die scharfen Sprünge, welche sich bei gewaltsamem Ausgleich von solchen Spannungen bildeten, können später unter günstigeren Verhältnissen sich als „Flinten“ weiter ausbilden.

Unter „**Flinten**“ oder „**Sonnenflinten**“ versteht der Bernsteinarbeiter eigentümliche Sprünge im Bernstein. Sie erinnern an Fischschuppen und entstehen dort, wo vorhandene Spannungen im fossilen Harz sich in erweichtem Material auslösen können. Wo im spröden Harz bei gewöhnlicher oder niederer Temperatur Sprünge auftreten, werden sie bei höherer durch die „Flinten“ ersetzt. — Wie verschieden die Erklärungen über ihr Entstehen auch lauten mögen, einheitlich sieht man die Veranlassung für ihre Bildung

[1]) 55, 11. 12.

in dem Vorhandensein von Spannungen. Ob diese von winzigen Bläschen ausgehen, die beim Erwärmen ihre eingeschlossene Luft sich kräftig ausdehnen und Druckkräfte ausüben lassen, oder durch einen schichtigen Bau bedingt sind, ist ohne jede Bedeutung. Bläschen sind in zartester Ausbildung vielfach im Bernstein vorhanden, und selbst in ganz klarem Material findet man sie mittels starker Vergrößerung. — Bei einem Aufbau aus verschiedenen Decken kann dieser durch den Gebirgsdruck auf den Lagerstätten oder eine besondere, eigentümliche Entstehung aus einzelnen Flüssen (Schlauben!) bedingt sein. Hier würde durch das Erwärmen ein Lockern der einzelnen Schichten eintreten, und die so gebildeten Hohlräume würden sich wie die eben erwähnten Bläschen verhalten. Der Ausgleich des auftretenden Drucks vollzieht sich nun stets in der Richtung des geringsten Widerstandes, also zwischen zwei übereinander gelagerten Schichten. Das erweichte Material wird durch den Druck, der mit dem Ansteigen der Temperatur langsam anwächst, stetig und langsam in der gleichen Ebene vom Anstoßpunkte aus fortschreitend auseinandergeschoben. Nur bei langsamer Temperatursteigerung erfolgt die Ausbildung schöner Flinten, bei rascher entstehen sie in großer Menge; sie sind dann aber sehr klein und machen die Stücke dadurch undurchsichtig und mehr oder weniger wertlos.

In besonders schöner Ausbildung treten sie auf, wo man planmäßig und mit äußerster Vorsicht getrübten Stein erwärmt, um ihn zu klären. Man verfährt zu diesem Zweck nach zwei Methoden, deren eine den nassen[1]), deren andere den trockenen[2]) Weg benutzt. Da die Sonnenflinten in beiden Fällen in dem gleichen Material und durch die gleiche Veranlassung auftreten, so gilt von beiden auch dasselbe. Im Ölbade kann man freilich größere und schönere erhalten, was darauf zurückzuführen ist, daß man hier mehr die Bedingungen in der Hand hat, welche zur Ausbildung derartiger Gebilde führen. Das Emporsteigen der Temperatur und ihre Konstanz lassen sich gleichmäßiger gestalten. Daß innere Triebkräfte bei der Entstehung dieser Hohlräume eine erhebliche Rolle spielen, ergibt sich daraus: in den randlichen Partien gehen die Schuppen allmählich in ellipsoidische und ganz nach außen hin in fast kugelrunde Bläschen über, deren Durchmesser sogar bis auf 0,5 und 1,5 mm anwachsen kann. Die erweichte und randlich verhältnismäßig leicht zu überwindende und wohl auch etwas rascher erwärmte Harzmasse wird durch die Ausdehnung der eingeschlossenen Luft mehr oder minder weit auseinander, peripherisch sogar in die Höhe getrieben. Deshalb lassen sich auf den spiegelnden Flächen angeschliffener Stücke nach einer derartigen Behandlung vielfach Höcker und Kuppen wahrnehmen; unter jeder dieser Erhebungen liegt dann das Bläschen, das ihre Entstehung hervorrief. Daß Richtungen geringeren und geringsten Widerstandes vorhanden sind, ergibt sich auch aus der Tatsache, daß die Ausbildung der Flinten nicht immer in einer Ebene liegt. Je nach dem Verlauf der schichtenartigen Partien übereinander führt sie zu

[1]) 49; 54. [2]) 55.

ebenen, gekrümmten, gebogenen und sogar zu Formen, die an einen Kegelmantel erinnern. Besonders wenn man von der Vorstellung ausgeht, daß das behandelte Stück einen schlaubigen Bernstein darstellt, ist eine derartige Ausbildung leicht verständlich.

Daß Druckkräfte im Innern des Bernsteins bei der Bildung der Flinten beteiligt sind, zeigt sich auch daraus, daß sie sich gelegentlich an gewöhnlichen Sprüngen weiterbilden[1]). Die Kraft, welche diese erzeugte, ist nicht gänzlich erschöpft, und die in ihnen enthaltenen geringen Spuren von Luft genügen, um beim Erwärmen des Steins in seiner nun erweichten uud dadurch nachgiebigeren Substanz ein langsames Weiterwachsen der bereits vorhandenen Kluftfläche anzubahnen. Je nach der Erweichung des Materials sind auch die flintenartigen Sprünge mehr oder weniger rundlich ausgebildet. Bei niederer Temperatur entstehen oberflächlich und von der Oberfläche ausgehend mehr Risse und Sprünge, bei höherer mehr runde oder rundliche Gebilde. So entstehen und entstanden auch die eigentümlich geformten an *Fucus* erinnernden Flinten. Sie haben nicht nur an Einschlüsse erinnert, sondern sind sogar dafür gehalten worden[2]). Auch Helwing weist bereits auf sie hin, wenn er ein Stück mit folgenden Worten beschreibt: „Expansionem plantae foliis latioribus albis, quibus alia viridia intermixta sunt, exaequans“ [3]). In allen Fällen steht die Längsachse des Tang-artigen Thallus senkrecht zur Ausgangsrichtung, sei diese der Saum eines Spaltes oder eines Einschlusses oder die Peripherie eines Bläschens.

Bei dem Auftreten von Sonnenflinten bleiben die auseinandertretenden Flächen noch eine Zeitlang in einem gewissen Zusammenhang. Winzig kleine Tröpfchen eines verflüssigten Bestandteils reihen sich dicht zusammen und zeigen die Stelle an, wo sich bald darauf Partien gänzlich voneinander trennen werden, bei denen der Verband jetzt bereits recht locker geworden ist[4]). Weiteres über die Entstehung und Ausbildung dieser langsam entstehenden Sprünge habe ich bereits an anderer Stelle gegeben[5]). Dort war auch von federförmigen Bildungen die Rede, die am Rande ungleich gezähnt-gekerbt sind, und von spitzwinkelig dreieckigen Sprüngen, die an kleine Sägeblätter erinnern. Derartige Gebilde stellen sich gelegentlich, freilich von geringer Größe, bei gewöhnlicher Temperatur ein. Ihre Entstehung ist hier ebenfalls auf einen Spannungausgleich im Innern der Stücke zurückzuführen. So treten sie z. B. als winzige, glänzende, kreisrunde Risse hin und wieder an allen Extremitäten eines Insekts auf[6]). In anderen Fällen bilden sie glänzende Säume, die den ganzen Einschluß umgeben, oder einen schwarzen Wimperkranz um ihn herum. Im letzteren Falle sind die Risse senkrecht oder schräge zur Schlifffläche gerichtet und lassen deshalb eine helle Färbung nicht aufkommen; sie vermögen dann leicht, zu mancher Täuschung zu führen.

Große Flinten, die man durch langsames Erwärmen des Bernsteins in vielen Fällen erhält, gaben durch ihre Totalreflexion ebenfalls oft Veranlassung

---

1) 75, 42. 2) 19, 39. 3) 7, 77. 4) 75, 41. 5) 75, 41—43. 6) 19, 43.

zu eigenartigen Täuschungen. Man glaubte in ihnen Goldblättchen und sogar Goldmünzen zu sehen, bezahlte die Stücke teuer und sah sich bitter getäuscht, als man sie öffnete und fand, daß in ihnen nichts von Wert enthalten war[1]). Wo die Oberfläche der Einschlüsse durch die Verwitterung stärker angegriffen wurde, kommen oft Lichtreflexe zustande, die an das Vorhandensein von Metallen und Legierungen erinnern. So wird die gewöhnliche Mumienfarbe der noch erhaltenen, eingeschlossenen Reste häufig auf diese Weise scheinbar in eine andere umgewandelt[2]). Das Vorhandensein und die Mitwirkung der umgebenden Bernsteinsubstanz gibt jedem Inklusum etwas bronzeähnliches. Auch die rote und grüne, metallische Färbung kommt auf diese Weise zum Ausdruck. Bei Insekteneinschlüssen kann man eine derartig täuschende Färbung leicht erkennen, wenn man die Körperhälften oder auch Doubletten miteinander vergleicht. — Auch die grünen Blättchen, welche Helwing in dem von ihm skizzierten Stücke erwähnt, sind in ähnlicher Weise zu ihrer Färbung gelangt.

Behrendt dachte sich die Sonnenflinten so entstanden, daß auf eine bereits erstarrte Harzfläche fallende Regentropfen durch einen folgenden Harzerguß zerdrückt wurden. Hierbei sollten derartige „flache, figurierte Blasen", die teilweise verästelt sein konnten, hervorgehen. Wenn ein Teil des eingeschlossenen Wassers randlich abfloß, so erhielt der spätere Hohlraum eine Mündung zur äußeren Luft hin. Kam es nicht zur Bildung einer solchen Öffnung, so sollte die Blase bezw. Flinte auch nach dem Verdunsten des Wassers vollkommen durchsichtig und rein bleiben. Eine so entstandene Öffnung vermochte andererseits den Eintritt von Feuchtigkeit und Luftstaub zu ermöglichen. Auf diese Weise sollte dunkler Staub ins Innere des Hohlraumes gelangen und ihn teilweise oder vollständig ausfüllen. Auf Taf. VII Fig. 19 bildet der Verfasser andererseits in doppelter Größe eine zierliche, verästelte Blase, die mit rötlich-braunem Staube austapeziert ist[3]). Diese Substanz, die sich dicht an der Oberfläche des Bernsteins angeschmiegt hat, besteht nun aber aus den Verwitterungsprodukten des letzteren. Derartige erdige, braune Massen zeigen sich gelegentlich auch im Bernstein; dann sind sie meist auf die verwitterte Oberfläche von Bläschen und anderen Hohlräumen zurückzuführen, die zusammenfielen und ausheilten[4]). Die erdigen Teile, die andererseits in Luft- und Wasserblasen erwähnt werden, sind wohl ausnahmslos auf vorhandenen Markasit[5]) zurückzuführen.

Sonnenflinten sind auch vom Rumänit, dem rumänischen Bernstein, bekannt[6]).

Die Oberfläche des aus der See gewonnenen Bernsteins zeigt an manchen Stücken eine recht eigenartige Ausbildung. Einige Stücke besitzen eine **netzartige Furchung**, während andere dicht nebeneinander kleine **fiesel- oder warzenartige Höckerchen** tragen. Diese sind mit einer gewissen Regelmäßigkeit angeordnet und erinnern an das Maschenwerk eines Netzes oder an die Oberfläche der Gänsehaut. Ähnliche Zeichnungen und Aus-

1) 13, 217. 218. 2) 19, 43. 3) 19, 39. 4) 87, 16. 5) 46, 197. 6) 52, 71; 72, 5.

bildungen pflegen auch andere harz- und gummiartige Körper beim Erstarren anzunehmen, und tatsächlich sind sie am Strande auf Copalstücken mit Bernstein zusammen gefunden worden[1]). Daß diese eigentümliche Struktur nicht allgemein bekannt ist, liegt daran, daß die gewaltsame Arbeit der Wellen den Schöpfstein zu keiner Ruhe kommen ließ. Wo er nicht geschützt auf dem Grunde des Meeres ruhen konnte, wurde er durch die andauernde, polierende Behandlung rissig, zertrümmert, zum wenigsten bescheuert. Deshalb ist er gewöhnlich von einer dünnen und unscheinbaren Haut umhüllt und nur selten von einer Kruste bedeckt[2]).

Gleich große Wärzchen, welche ziemlich regelmäßig geordnet und dicht gedrängt nebeneinander stehen, weist u. a. der Copal von Zanguebar auf. Durch diese Einreihung wird bewirkt, daß fast jede der Erhabenheiten eine regelmäßig sechsseitige Umgrenzung hat. Auch der Copal von Angola zeigt eine Ausbildung der Oberfläche, welche an die des Zanguebar-Copals erinnert, nur sind hier die einzelnen Warzen viel größer und gröber. Verschiedene Copale und einige andere Harze erhalten bei ihrer Zusammenziehung Risse, welche in einigen Fällen, wie bei Mastix und dem Copal von Gabon, keine besondere Anordnung zeigen, in anderen Fällen sich aber zu mehr oder weniger regelmäßigen Fazetten zusammenstellen[3]). Da die Warzenbildung sich immer unter einer mehr oder weniger dicken Verwitterungsschicht vorfindet, läßt sich in dieser charakteristischen Ausbildung das erste Einsetzen des beginnenden Verfalls erblicken.

Bei dieser Fazettierung bleiben manche Harze, z. B. Mastix, stehen. Bei dem Copal von Zanguebar, Mozambique und anderen setzt neben ihr noch eine weitere Umbildung ein. Innerhalb der großen Sechsecke bilden sich kleine Sprünge, die sich zu dicht gedrängten Fazetten ihrerseits ebenfalls zusammenscharen. Ihre Bildung setzt von den Grenzlinien zwischen je zwei großen Fazetten ein. Die Harzteilchen zwischen diesen vielen kleinen Rissen wittern ab; aber dort, wo sie verschwanden, bilden sich neue Sprünge aus. Da auch diese ein neues Verwittern des stark durchlüfteten Materials veranlassen, vertiefen sich die ursprünglichen Grenzlinien zwischen den Sechsecken mehr und mehr. Dadurch werden die kleinen Erhebungen ihrerseits weiter herausmodelliert. — Wiesner sieht in der chagrinierten Oberfläche eine Bildung, welche durch Sprunglinien hervorgerufen wurde und hier ihren Anfang nahm. Durch die randliche Vertiefung an den ursprünglichen, großen Fazetten und das Abwittern und Schwinden der ständig neu entstehenden, kleinen meint er, das mit der Zeit immer stärkere Hervortreten der ursprünglich fast flachen Wärzchen erklären zu können.

Die nebenstehende Fig. 2 zeigt ein Bernsteinstück, das bei durchfallendem Lichte photographiert wurde. Bei der dünnen, kaum sichtbaren Haut dieses weingelben Schöpfsteins drangen die Strahlen etwa ebenso ungehindert hindurch,

[1]) 19, 36. [2]) 17, 10. [3]) 28.

wie durch eine geschliffene Probe. Die Erhebungen haben einen mehr oder weniger ausgeprägten, polygonalen Umriß; meist weisen sie bei sechseckigem Querschnitt einen größten Durchmesser von 3—4 mm und eine Höhe von $^1/_2$—$^2/_3$ mm auf. Wo Stückchen abgeschlagen sind, zeigt sich der muschelige Bruch des frischen Bernsteins. Jn den abgrenzenden Vertiefungen hat ebenfalls eine polygonal verlaufende Zerklüftung eingesetzt. Die dabei entstandenen Flächen haben einen größten Durchmesser von etwa 1 mm ($^3/_4$—1 mm) und stellen meist scharf umrissene Sechsecke dar. Für diese treten jedoch auch gelegentlich Vierecke, seltener Fünfecke oder andere Figuren auf, die bei oberflächlicher Betrachtung für Sechsecke gehalten werden könnten. Wo Markasit sich in den feinen Rissen niedergeschlagen hat, heben sie sich besonders deutlich voneinander ab. — Auch die warzenartigen Erhebungen zeigen die Neigung zur Zerklüftung aber in viel geringerem Maße als die tiefer liegenden Teile. Die Kuppen dieser Erhebungen sind abgetrieben und daher stark glänzend. Die Maße des Bernsteinstücks sind: 4,29 cm Länge, 2,25 cm mittlere Breite und 1,41 cm Dicke bei fast genau 12,5 g Gewicht.

Oberl. P. Baenge phot.

Fig. 2. Bernstein mit netzartigen Furchen in durchfallendem Lichte. Samml. des Herrn Pfarrer Winkler-Zoppot. Verkl. 9 : 10.

Die von Wiesner für eine derartige Ausbildung gegebene Erklärung kann für das eben beschriebene Bernsteinstück nicht gelten. Die vielen Risse des Stückes verlangen sonst eine recht lebhafte Bräunung, während die Gesamtfärbung weingelb ist. Außerdem findet eine Andeutung, wie die Entstehung der Polygone aufzufassen ist, nur in geringem Maße statt. Die Regelmäßigkeit in Form und Inhalt der Wärzchen soll durch die große Regelmäßigkeit bedingt werden, mit der die Copale von Zanguebar und Angola sich beim Erhärten zusammenziehen. Ideal kugelförmig geformte Stücke aus diesem Material gibt es wohl kaum, und wie Abweichungen in der Gesamtform auf die Ausbildung der Oberfläche einwirken, dürfte ersichtlich sein. Während des langen Aufenthaltes von Schöpfstein im Wasser ist diese von Rißbildung begleitete Ornamentierung der äußeren Teile sicher nicht erfolgt. Sie muß bald nach seiner Entstehung gebildet sein, wenigstens vor seiner Beförderung in die schützende Flüssigkeit.

Emil Hatschek[1]) erklärt das Auftreten einer Wabenstruktur durch die Anhäufung der Substanz in den Kanten eines Polyedergitters, dessen einzelne Komponenten in Zwillingsbildung zusammentraten. Diese Auffassung stimmt sehr gut mit der von G. Quincke[2]) gegebenen Erklärung überein, zumal wenn man wieder hervorhebt, daß zwischen Kolloiden und Salzen nur quantitative, aber nicht qualitative Unterschiede bestehen. Mit Hilfe der Vorstellung von

[1]) 82, 163. 164. [2]) 73.

großen erstarrten „Schaumkammern mit dünnen, ebenen unter 120° gegeneinander geneigten Schaumwänden“ weiß der Forscher das Zustandekommen der großen, sechsseitigen Basaltsäulen im Rheintale verständlich zu machen. Dabei ist anzunehmen, daß diese regelmäßigen Bildungen durch dünne Schichten einer heterogenen Substanz voneinander getrennt sind. Neben denen von sechsseitigem Querschnitt kommen gelegentlich auch solche von fünfseitigem vor. Diese Abweichung tritt ein, sobald einzelne der dünnen Schaumwände eine etwas abweichende Oberflächenspannung hatten. In zwei kleinen Abhandlungen gibt ferner Stéphane Leduc[1]) die experimentelle Darstellung derartiger zellenähnlicher Ausbildungen. Wie er meint, liegen Diffusionserscheinungen vor; tatsächlich handelt es sich aber um Erscheinungen der Oberflächenspannung. In dem einen Falle erzeugte er künstliche, flüssige Zellen, als er gefärbte Tropfen einer Chlornatriumlösung in einer ungefärbten und weniger konzentrierten Lösung des gleichen Salzes untersinken ließ. Ein anderes Mal brachte er in 5—10prozentige Gallertelösungen Tropfen einer 5—10prozentigen Ferrocyankaliumlösung. Beide Versuche lassen sich leicht wiederholen.

Gleichzeitig sei an ein Experiment erinnert, daß die Arbeitsleistung eines Spinnenfangfadens erklären soll. — Wird ein äußerst zarter Quarzfaden mit einer dünnen Schicht Glyzerin überzogen, so zerreist diese und bildet kleine, klebrige Tröpfchen, die winzige Insekten festzuhalten vermögen. Auch an dünne Flüssigkeitsschichten auf fettigen Flächen sei erinnert. Sie ballen sich ebenfalls zu tropfenartigen Häufchen zusammen. Wenn Berg[2]) deshalb die Meinung ausspricht, daß die warzenähnlichen Erhebungen beim Erstarren der Harzmasse entstanden und zwar dadurch, daß die eingeschlossene flüssige Masse in Tropfenform hervortrat und erstarrte, so wird er mit seiner Deutung das Richtige getroffen haben. Für die Entstehung dieser erhabenen Gebilde beim Bernstein ist anzunehmen, daß die verhältnismäßig reichlich vorhandenen Beisubstanzen von flüssiger Form, die nach dem Freiwerden des fossilen Harzes sich zu verflüchtigen trachteten, hierbei tätig waren. Denkt man sich den Vorgang so, daß sie aus den Stücken und Klumpen ausschwitzten und die in ihnen gelösten Harzstoffe beim Vergasen zurückließen, dann läßt sich das Auftreten derartiger Höcker und Erhöhungen gut verstehen. Die Oberflächenspannung dieser flüssigen, bzw. gelösten Harzmassen hätte dann nur dafür zu sorgen, daß die nach außen geschafften und abgesetzten festen Massen sich in der bekannten Weise anordnen. Die Verwitterung in ihrem weiteren Verlaufe ging dann in der Weise vor sich, wie Wiesner sie schildert.

Strömungserscheinungen, die durch Wärmezufuhr oder Oxydationsvorgänge der verwendeten Substanz an der Luft herbeigeführt werden, veranlassen das Zustandekommen charakteristischer Strömungszellen. Wieweit die hierbei erkannten Gesetzmäßigkeiten für das Auftreten der Skulpturen auf Bernsteinstücken Anwendung haben können, ist nicht ohne weiteres zu bestimmen.

[1]) 78, 497; 80, 220. [2]) 28, 76.

Daß aber die leicht vergasbaren Beisubstanzen in dem Balsam unseres fossilen Harzes bei ihrem Verdunsten an der Oberfläche der erstarrenden Balsamgebilde Strömungen hervorriefen, ist wohl zu erwarten. Über die Entstehung solcher Zellenbildung wird nach den Arbeiten von DAUZÈRE kurz in der Wochenschrift „Prometheus" berichtet[1]). Leider fehlt hier die genauere Literaturangabe, so daß nur auf diese kurze Zusammenfassung hingewiesen werden kann.

Beim Ruhen in der Erde überzieht sich Bernstein mit einer groben, rauhen, bröcklichen, meist rotbraunen, oft ins Graue spielenden **Kruste.** Unter dieser liegt dann eine feste, rote Haut, die dann wieder den eigentlichen Kern bedeckt, so daß dieser seiner Farbe und Beschaffenheit nach, kaum zu erkennen ist. Die Kruste ist „besonders gefurcht und gestreift" . . . „entweder vom Gerinnen des weichen Harzes, oder von der Verwitterung, die die Oberfläche zerreisset"; so beschreibt sie VON WOLF bereits 1785[2]). Er weist dann auf die großen, netzförmigen Maschen hin, die gelegentlich die Gestalt von erhabenen Sternchen oder Madreporen haben. Diese gefelderte Kruste löst sich, ihren Umrissen entsprechend, vom Untergrunde der dunkleren Außenhaut los und ruft damit in jedem einzelnen Falle das Bild einer gedeckelten Bienenzelle wach. Wie lange es nötig ist, bis eine derartige Verwitterungskruste entsteht, läßt sich teilweise durch Vergleiche ermessen. So zeigen bearbeitete Bernsteinstücke aus Gräbern, z. B. Jahrtausende alte Perlen, eine solche von kaum 1 mm Tiefe, Grabstein ist dagegen oft cm-tief zersetzt.

Die Hülle des Schöpfsteins ist zart und dünn. Unter dieser feinen Haut zeigt sich auch die Warzenbildung, von welcher soeben gesprochen wurde. Wo diese oder andere Erhebungen ab- oder angeschliffen sind, tritt der nur schwach dunkler gewordene Kern hervor. Wo dagegen Vertiefungen vorliegen, sind noch Reste einer wirklichen Rinde erhalten. Nach dem Trocknen wird sie hier aber auch durchsichtig, wie am ganzen Stücke. Sie tritt dann als schwacher Hauch auf und wird ihrerseits dadurch bedingt, daß in ihr geringe Spuren von dem Seesalz der Fundstätte zurückblieben. Infolge dessen hygroskopischen Verhaltens veranlaßten sie durch ihre Feuchtigkeit eine Aufhebung der Reflexionserscheinungen, die durch die Rauhigkeiten an der Oberfläche der Stücke bedingt werden. Auch die anderen Mittel, die zur Entfernung der feinen Haut empfohlen und angegeben werden, bestehen in hygroskopischen Körpern, wie Lösungen von Pottasche und Natron- bzw. Kalilauge. Diese erhöhen und verstärken noch die Wirkung der enthaltenen Salzreste. — AYCKE berichtet, daß in der Nähe von Pillau auch die kleinsten Stückchen Bernstein mit einer unscheinbaren, erdigen Haut, oft aber auch mit einer verwitterten Kruste bedeckt seien. Bereits einige Meilen weiter sei der gefundene Succinit blanker, und mit noch weiterer Entfernung werde die Oberfläche immer heller und durchscheinender. Er vermutet, daß der mit seiner ver-

[1]) O. B.: Über durch Wärmezufuhr verursachte eigentümliche Flüssigkeitsbewegungen und ihre Bedeutung. Mit 4 Abb. Prometheus, No. 1247, Jahrg. 24, 51; 20. Sept. 1913, S. 804—806. [2]) **11**, 178.

witterten Oberfläche losgerissene und fortgeführte Erdstein bei seiner Bewegung auf dem Meeresboden immer weiter gescheuert und abgewaschen werde. An der Samländischen Küste — so fährt er fort — sei auch die Ausbeute am größten und nähme nach Westen hin bis zur Pommerschen Küste immer mehr ab. Das führt er auf die dortigen schwächeren Lager und besonders auf die Richtung der herrschenden Stürme zurück, besonders da heftige und lang anhaltende Ostwinde hier auch mehr Bernstein als gewöhnlich an die Ufer treiben[1]). Nach Berendt ist die Kruste am Samländischen Bernstein die dickste, schwächer wird sie schon auf den Nehrungen und noch geringer an den Ufern Pommerns. Ja in England sollen glatte Stücke fast ganz ohne Kruste gefunden sein. Er schließt daraus, daß wir an den Ufern Samlands der Wiege des Succinit am nächsten seien[2]).

Dieser Transport durch das Wasser ist aber nicht allein für die Verbreitung des Bernsteins von Bedeutung, namentlich ein so weiter bis nach England findet wohl kaum statt. Wesentlich mehr war die ehemalige Ausdehnung des zusammengeschwemmten Bodens von dem ursprünglichen Bernsteinwalde bedeutungsvoll. Vom Samlande erstreckte er sich östlich bis in die Gegend von Norfolk in England. Auch die Wirkung von Gletschern, die verschleppend bei der Verbreitung mithalfen, ist nachzuweisen[3]). Die Hauptablagerung des bernsteinführenden Tertiärs ist immerhin in Samland zu suchen; und daß von hier aus Fundorte von Bernstein nach allen Richtungen ausstrahlen, läßt sich belegen. Die von Aycke ausgesprochenen Ansichten und Vermutungen geben also in vieler Hinsicht das rechte an. Die schwache Hülle des Seesteins ließ früher beim Kauf allein das Innere erkennen und Risse und Verunreinigungen wahrnehmen. Um dem Bergbau im Samlande eine größere Bedeutung und dem geförderten Material mit seiner dicken, undurchsichtigen Kruste ein ausgedehnteres Absatzgebiet zu verschaffen, galt es vor allem, das Vorurteil gegen den gegrabenen Stein zu beseitigen. Die Rinde, welche bei ihm eine eingehendere Prüfung durch den Käufer unmöglich macht und vielen wertlosen Abfall gibt, mußte entfernt werden, damit er dem Seebernstein gleichwertig wurde. Mit Rohrbesen und später mit Sand wird er nunmehr in der „Tonnenwäsche" behandelt, wobei er dauernd in Bewegung erhalten und so ein Produkt gewonnen wird, wie es auf natürlichem Wege aus im Boden ruhendem Stein durch die Bewegung der Wellen erzielt wird. Die letzten Reste der Rinde werden dabei entfernt, und es entsteht eine dem Seestein ähnliche, mehr durchsichtige Oberfläche[4]).

Der Bernstein aus der Blauen Erde hat über seiner ganzen Oberfläche gleichmäßig eine Rinde. Je nach der Farbe und der physikalischen Beschaffenheit ist diese sehr verschieden. Trocken erscheint sie immer weiß staubig und gestattet eine Beurteilung des umhüllten Kerns nur schwierig oder garnicht. Die äußere Beschaffenheit dieses Materials ist von allen gegrabenen Bernsteinstücken die beste. Das hat nach Klebs wahrscheinlich seinen Grund darin, daß die Sickerwässer, die hier mit ihm in Berührung kommen, ihren Gehalt

[1]) 17, 8—10. [2]) 23; 16. 19. [3]) 53, 101. 102. 103. 105; 42, 175. 176. [4]) 38, 412; 41, 23.

an Sauerstoff schon in den oberen Schichten abgegeben haben. In Dünen- oder ähnlichen Sanden ist der Stein meist durch und durch zersetzt, so daß man ihn kaum konservieren kann, oder die rissige Rinde ist so dick, daß der darunter liegende Kern fast ganz verschwindet. Der diluviale Bernstein besitzt eine dickere, äußere Verwitterungsschicht. Sie platzt leicht ab und zeigt dann unter sich flach trichterförmige Vertiefungen. Diese senken sich in den gesunden Bernsteinkern ein, der oberflächlich rötlich nachgedunkelt ist. Hat die Rindenbildung noch nicht das ganze Innere zerstört, so gibt der Kern ein gesundes und zähes Material, das sich meist durch seine zarten Farbentöne zu feinen Schnitzereien eignet[1]). Stücke, die aus Torfmooren herstammen, sind dadurch interessant, daß sie ihren alten Glanz fast ganz behalten und sich nur oberflächlich dunkel rotbraun gefärbt haben. Wo die Sümpfe trocken gelegt und auf den Stücken sich deshalb eine Verwitterungskruste bilden konnte, löst sie sich ebenfalls leicht in den bekannten zelligen Konturen ab, die Abdrücke auf den Stücken hervorrufen, welche an eine Honigwabe, bald auch an die Rinde einer Sigillarie erinnern[2]).

Erdbernstein läßt also im Laufe der Verwitterung eigentümliche Skulpturen hervortreten, wie man sie z. B. auch beim Eintrocknen von Schlamm in einer Pfütze oder von gallertigen Niederschlägen auf einem Filter wahrnehmen kann. Seine Kruste ist derart zerrissen, daß man fast lauter scharf begrenzte, sechseckige Schildchen erkennen kann. Doch auch Vier- und Fünfecke sind darunter. Die Kantenlänge schwankt gewöhnlich zwischen $1^1/_2$ bis 5 mm, doch sind noch größere beobachtet worden. Karl Georg Berendt gibt in seinem Werke: „Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt“ auf Tafel V, Fig. 9 die Abbildung von einem inkrustierten flachen Stück in natürlicher Größe[3]).

Die Schildchen sind mehr oder minder regelmäßig. Die sie bildenden Risse dringen bis 2 mm in die Tiefe und schneiden aus dem Bernstein kleine Säulen heraus, die fast vollkommen verwittert sind. Nur mit ihrer Grundfläche haften sie noch an der gesunden Muttersubstanz. Wo sie entfernt wurden, bleibt eine Zeichnung, die dem Umriß des losgelösten Prismas entspricht. In der Mitte des so entstehenden, vertieften Vielecks liegt die letzte Verbindung, die zwischen dem noch frischeren und dem vollständig zersetzten Bernstein bestand. Sie ist von konzentrischen Ringen umgeben und enthält in der Mitte eine kleine Vertiefung oder eine kleine Erhöhung. Ist die Loslösung leicht erfolgt, so daß das Ausgangsstück mit dem von ihm entfernten Stückchen möglichst unbeschädigt vorliegen, dann zeigt das Schildchen einen ähnlichen Rest von der letzten Verbindung. Der Vertiefung auf der Narbe entspricht dann ein kleines Stielchen an dem Schildchen oder umgekehrt. Bei gewaltsamer Beseitigung der Rinde gehen diese letzten Verbindungsglieder mit anderen Trümmern verloren. Die beigegebene Figur zeigt in doppelter Vergrößerung drei solcher Narben von

[1]) 37, 5—7; 38, 404—406. [2]) 24, 284. [3]) 19, 35.

der Oberfläche eines unregelmäßig geformten Stücks. Bei der linken ist die Loslösung der zersetzten Kruste gewaltsam erfolgt, bevor sie sich zur Genüge vorbereitet hatte. Die Narbe in der Mitte weist auf Trümmerbildung hin. Die mittlere zeigt zwei Hervorragungen, die obere als Knauf, die untere als Reißleiste. Die letzte, rechte Narbe hat mehrere solcher Erhebungen, an denen die schließliche Ablösung vor sich ging. Derartige Hervorragungen können — wie erwähnt — an Narbe oder an Schildchen das Aussehen von kleinen Stielchen haben. Die konzentrischen Zeichnungen rühren von den einzelnen Phasen der Loslösung her, die sich in Etappen vollzog und längere Zeit in Anspruch nahm.

Die Form der sich ablösenden Stückchen der Kruste hängt aber auch von der Bernsteinprobe ab, auf der sie entstand. Längliche haben meist parallel zur Achse und quer dazu verlaufende Spalten, dadurch kommen statt der gewöhnlich auftretenden Formen von Sechsecken solche von Parallelogrammen — meist von Rechtecken — zur Ausbildung. Kantenlängen von $1^1/_2$ und 7 mm sind nicht selten. Auch hier zeigen sich bei der Entfernung der Schildchen ähnliche Abbruchflächen wie vorher, doch von mehr ovaler Tellerform.

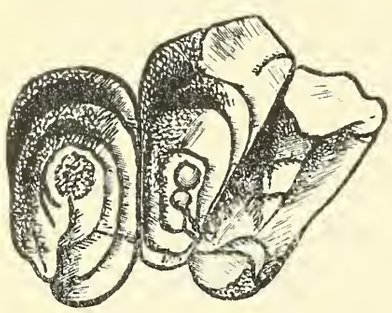


Fig. 3. Wabenförmige Ausbildung an der Oberfläche von Erdstein nach Loslösung der Zersetzungsrinde. Vergr. 2 : 1.

Die äußere abgelöste Kruste ist nach außen hin undurchsichtig, gelblich und erdig. Hin und wieder schimmern kleine eingestreute Harzteilchen in ihr auf. Auf der Innenseite ist sie fester, bräunlich und harzglänzend. Deshalb konnte man früher auch annehmen, daß die „erdige Zersetzung“ nur bis zur Mitte der Kruste habe vordringen können. Von hier ab herrsche der harzige Teil vor, und die erdigen Bestandteile würden immer seltener; vollständig träten sie an der Ablösungsfläche zurück, die dann als reines Harz erscheine[1]).

Bereits Aristoteles hielt den Bernstein für das Produkt von Pflanzen. Aus den Insekteneinschlüssen schloß er, daß eine Myrrha-ähnliche Bildung vorläge, die Bäumen entquollen sei. Doch schon im Altertum traten verschiedene Deutungen auf, die den Ursprung anders ableiteten. Einheitlich galt während des Mittelalters eine Zeit hindurch der Succinit für eine Art Mineral. Seine Entstehung sollte kurz etwa die folgende sein: Die Wärme in der Erde sammelt die Ausdünstungen bzw. Ausscheidungen (exhalationes), welche zerstreut und verteilt sind, und läßt sie als Tropfen zusammentreten. Besonders rühren diese aus der kork- und holzartigen Substanz her, die in den begleitenden Hölzern vorliegt. Gleichzeitig mischen sich Salzteilchen bei, die hier überall als Vitriol vorhanden sind. Diese hemmen den Fluß der bituminösen Substanzen und lassen den entstehenden Bernstein schon in kleinen Stücken erhärten, falls nicht durch weitere Wärmewirkung neue, harzige Massen ausgeschieden werden. Trifft das nicht zu, so nehmen die salzigen Teilchen ihre Starrheit

1) 17, 37. 79. 80. 82.

wieder an, wobei die bituminösen Stoffe ihre Feuchtigkeit verdunsten lassen und fest werden. Je nach dem Verhältnis der bituminösen und der salzigen Stoffe richtet sich der Glanz, die Festigkeit und die Reinheit der gebildeten Stücke. Für die Entstehung aus den vorhandenen Holz- und Rindenstücken spricht ihre Trockenheit und das Aussehen ihrer Kruste, die sehr nahe Beziehungen zu jenen hat[1]). Die Mitwirkung von alkalischen, sauren oder salzigen Stoffen — der „Schärfe“ im Boden — wird fast überall als notwendig erachtet, später besonders ein schwacher Grad unterirdischer Wärme verlangt, um an dem entstandenen Stein die äußeren Umwandlungen hervorzubringen. Sie kann auch schon „durch die Sonnenstrahlen in dem trockenen Dünensand bewirkt werden“[2]). Während Aurifaber (1551) in der „raucherigen Haut“ noch einen Beweis dafür sieht, daß der Succinit „in einer brunst“ fließend entstanden sei, meint Sendel, sie sei nur Schmutz, der aus dem Boden herstamme. Dafür spricht ihm der Umstand, daß diese Kruste nicht sehr hart ist und leicht entfernt werden kann. Das könne mittels Wasser und einem rauhen Tuche geschehen, mit Hilfe von Sand gelinge es dabei sogar, die Stücke zu glätten[3]). In gewisser Hinsicht finden wir hier bereits die Vorläufer der jetzt im großen angewendeten „Tonnenwäsche“.

Mit dem **Fortschreiten der Verwitterung** bedeckt sich der Bernstein bei seiner weiter vorgehenden Zerklüftung scheinbar mit unregelmäßig vieleckigen Gebilden. Diese würden bei einem flüchtigen Hinblick die Vermutung aufsteigen lassen, daß er grobkörnig sei. Diese Auffassung wird dadurch gestützt, daß diese Verwitterungssubstanz bereits zwischen den Fingern zerkrümelt. Gleichzeitig versucht die rote oder braunrote Farbe graue Tönungen anzunehmen[4]). Diese gelegentlich als sandig oder erdig bezeichnete[5]) Kruste verliert ihre Festigkeit immer mehr und mehr. Wo Bernstein im Diluvium im bloßen Sande liegt, ist er fast „vermodert“[6]). Die braunrote und bröckige Kruste bedeckt hier kaum mehr gesundes und verwendbares Material. Schließlich werden auch die größten Stücke in Staub verwandelt, um dann in ihre Elementarbestandteile zu zerfallen[7]). Sie verlieren dabei ihren Zusammenhang und lockern sich derart, daß Pflanzenwurzeln sich ihren Weg durch sie hindurchbahnen. So erwähnt Aycke festere Erdknollen, welche sich zwischen Wurzelfasern fänden und sie oft umschlößen, so daß sie an ihnen zu hängen schienen. Infolge ihrer Auflockerung durch Risse, welche eine Art Aufblätterung hervorriefen, erweckten sie beim Zerbrechen die Vorstellung, als beständen sie aus einer in Moder übergegangenen Holzsubstanz. Der Hauptmasse nach scheinen sie ihm aus einer Letten- oder Sandmischung zu bestehen, „die ziemlich fest zusammenhängt und auch kleine Bernsteinkörner enthält“[8]). Die inneren Teile sind von der Verwitterung immer noch weniger angegriffen. Die Succinitkrumchen sind die Trümmer der einstmaligen Stücke:

[1]) **6**, 12—14. [2]) **13**, 341. 342. [3]) **9**, 31. 32. [4]) **13**, 112. 113. [5]) **14**, 22. [6]) **26**, 117. 118. [7]) **24**, 284. [8]) **17**, 27. 28.

die letzten Reste, an denen die Oxydation arbeitet, um auch sie aufzulösen. — Werden die Wurzelteile aus der Erde herausgenommen, so löst sich beim Austrocknen das als Sand bezeichnete Material ab, und dadurch verlieren die nun brüchigen Wurzelfasern leicht ihren Zusammenhang mit dem Bernstein.

Bereits BERENDT zeigt, daß die Wurzeln von Bäumen stammten, die erst nach der Bildung des Bernsteins gediehen. Ihre Fasern senkten sie in die Spalten und Risse des Bernsteins, da sie hier etwas Feuchtigkeit trafen. Durch ihr Dickenwachstum trieben sie seine Stücke noch weiter auseinander und zerteilten sie[1]). — Wie weit die Wurzeln von Pflanzen an dem vollständigen Zerbröckeln des Bernsteins beteiligt sind, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls ist es von Bedeutung, daß derartige erdige Knollen in der Erde auch ohne Einwirkung von Pflanzenteilen entstehen. So beschreibt AYCKE ein knollenförmiges Komglomerat, das unter mehreren kleinen Steinen etwa 13 m tief in Nenkau bei Danzig zwischen einer großen Menge Bernstein gefunden wurde. Es wog 225 g und war so brüchig, daß es beim geringsten Anstoß in kleine Trümmer zerfiel[2]).

Bei dieser Aufblätterung treten Farbenänderungen auf, welche durch die Totalreflexion veranlaßt werden. Es mischen sich weißliche bis graue Töne hinzu und rufen eine lichtere Färbung hervor. Das Braun geht mit einer Anlehnung an Grau und Gelb verblassend in das zarteste Weiß über. Da der Bernstein gleichseitig undurchsichtig wird, erinnert er immer weniger an das Material, aus dem er hervorging. Selbst gewiegte Bernsteinkenner vermochten vor rund 80 Jahren diesen Vorfall noch nicht richtig zu deuten und sahen in den aufgelösten erdigen Resten allerlei mineralische Gebilde, vorzugsweise Erden. BOCK führt 1767 in dem Verzeichnis des Bernsteinkabinetts des Herrn Kommerzienrat SATURGUS ein Stück an „Margosum. Weich als Mergel", dann aber auch „Argilla succinata. Thonerde in Bernstein" und „Succinum marga farctum. Mergel im Bernstein"[3]). JOHN erwähnt als unorganische Einschlüsse (1816) neben Sand und Erde auch „Thon, Mergel, Beinbruch"[4]). Aber selbst AYCKE spricht noch (1835) von Kalkerde und Sandmergel oder von einer Letten- oder Sand-Mischung, die Bernstein wie eine Hülle umschließt, und von verschiedenen Erdarten als unorganischen Einschlüssen[5]). Dieser sonst so verdienstvolle Naturforscher, auf dessen „Fragmente zur Naturgeschichte des Bernsteins" auch heute noch so gern zurückgegriffen wird, schilderte eben, was er sah, oder zu sehen meinte. Wo er seiner Sache nicht ganz sicher ist, tut er es mit einem so hohen Maß von Vorsicht, daß man klar ersehen kann, was er für zweifellos richtig ansieht und was nicht. So stellt er bei der „erdigen Zersetzung" die Vermutung auf, daß das spez. Gew. dieser Kruste, welches größer sei als das des Wassers, auch das des Bernsteins übersteige[6]), aus dem sie sich bildete.

---

[1]) 19, 17. [2]) 17, 60. 61. [3]) 10, 126. 136. [4]) 13, 218. 219. [5]) 17, 27. 28. 60. [6]) 17, 80.

Diese Verhältnisse konnte ich an einem Stücke prüfen, das bei Abtragung der Danziger Wälle an der Bastion Elisabeth gefunden wurde. Es hatte bei 6,257 g Gewicht eine länglich runde und seitlich abgeplattete Form. Die größten Maße waren 28,9 mm, 25,1 mm und 20 mm. Die Grundmasse ist gelblich und spielt ins Graue und Grünliche; sie ist porös und deshalb matt und sehr bröckelig. Aus diesem Grunde gelang es auch nicht, einen Dünnschliff von dem Stück zu erhalten. — In der Grundmasse sind größere, rundliche bis ellipsoidische Bernsteinbrocken eingebacken, deren Durchmesser in den meisten Fällen zwischen 4,8 mm × 10 mm und 2,9 mm × 2,9 mm schwankt. Diese feuerroten bis bräunlichen Kerne haben je nach ihrer Größe einen etwa 0,5 bis 1 mm breiten Saum von gelblicher bis bräunlicher Färbung und porzellanartigem Aussehen. Dieses letztere kommt dadurch zustande, daß in ihm reichliche Risse durch Totalreflexion eine weißliche Farbe hervorrufen, während der noch lebhafte Glanz der Kerne gleichzeitig durch diese Säume gehoben wurde. Wo diese herausgebrochen sind oder besonders stark zersetzte Partieen sich bereits vollkommen auflösten und als staubartige Teile aus dem Stück herausfielen, entstanden mehr oder weniger tiefe, offen oder mehr versteckt liegende Höhlungen. Unter der Lupe erinnert die Grundmasse an Ton bezw. Mergel oder Lehm. Daher ist auch leicht verständlich, wenn auf der Etikette als Bezeichnung angegeben ist „Bernsteinabfälle, im Boden verkittet. 1894 acc.“.

Oberl. P. Baenge phot. Fig. 4. Vollständig verwittertes Bernsteinstück mit noch erhaltenen Resten. Geol. Samml. des Westpr. Prov.-Mus. Natürl. Gr.

Die beistehende Fig. 4 zeigt das Stück in natürlicher Größe. In der gleichmäßig ausgebildeten, erdigen Grundmasse funkeln die geborstenen, übrig gebliebenen Reste des ehemaligen Stücks in lebhaften Reflexen auf.

Wurde das Stück als Ganzes verwendet, so zeigte sich bei der Bestimmung des spez. Gew., daß es auf dem Wasser schwamm. Bei längerem Ruhen auf und in dem Wasser traten größere und kleinere Luftblasen aus ihm hervor. Da ein Kochen von Material mit Wasser nicht vorgenommen werden durfte, um den Zusammenhang des Stückes nicht zu gefährden, wurde gewartet, bis Ruhe eintrat. Das spez. Gew. des gesamten Stückes beträgt, unter diesen Verhältnissen ermittelt, 0,9089 bei Reduktion auf den leeren Raum und auf Wasser von 4° C. Daraus, daß bei diesem längeren Aufenthalte im Wasser keinerlei Ablösung oder gar ein mehr oder weniger rascher Zerfall des Stückes eintrat, spricht am besten dafür, daß man es in diesem Falle nicht mit erdigen Massen zu tun hat. Wird dagegen die Substanz nach der Methode von Smeeth in Pulverform benutzt, so ist das spez. Gew. 1,1902. Das bis zur Bräunung verwitterte und andererseits durch die unzähligen Risse stark bleich gefärbte Stück hat also in Pulverform ein Eigengewicht, das — wie bereits Aycke vermutete — das des Ausgangsmaterials übersteigen muß. Fand dieser doch bei den Bernsteinproben mit den tiefsten Bräunungen als Maximum für das

spez. Gew. nur 1,0830. Andererseits zeigt sich, daß diese erdartige Bernsteinsubstanz der Grundmasse nur aus stark aufgeblättertem und daher nur weiß erscheinendem Bernstein besteht. Bettet man sie in pulveriger Beschaffenheit zur Bestimmung des spez. Gew. in Vaselin oder zur Präparation in Kanadabalsam, so werden die Hohlräume zwischen den Stäubchen ausgefüllt, und die ursprüngliche, rotbraune Färbung, die der Bernstein jetzt auch trotz dieser feinen Verteilung besitzt, tritt wieder auf. — Leider ist es nicht möglich zu ermitteln, ob diese erdige Kruste allein aus Bernstein besteht, der eine noch weitere Oxydation erfuhr als das braune Material der Zersetzungsrinde. Eine noch weitere Vertiefung der rotbraunen Färbung und eine weitere Steigerung des spez. Gew. hätten darüber Aufschluß geben können. Der Nachweis einer solchen Änderung der Bernsteinfarbe ist aber bei der staubartigen Beschaffenheit ausgeschlossen, zumal das Herstellen von Schliffen nach verschiedenen Seiten auf große Schwierigkeiten stößt. Die Ermittelung einer Zunahme des spez. Gew. ist auch deshalb ohne rechten Erfolg, weil in den Rissen, Spalten und Öffnungen allerlei Verunreinigungen und mineralische Absätze sich niederschlugen. Es ist also ausgeschlossen, auf diesem Felde zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen, besonders da bei chemischen Trennungsversuchen von Material und Verunreinigung das erstere kaum widerstandsfähiger ist als die letztere. Von der Menge der infiltrierten Substanzen gibt der Aschegehalt dieses Stücks ein vortreffliches Bild. Er beträgt 23,124 %, während gleichzeitig der Schwefelgehalt den verhältnismäßig ungewöhnlichen Wert von 2 903 % erreicht.

Ein plattenförmiges Bernsteinstück von etwa 9 mm Dicke, brauner Farbe und schöner Verwitterungskruste aus Minthen, Kr. Stuhm, gestattete den Verwitterungsvorgang und die Auflösung der festen Massen dieses fossilen Harzes eingehender zu verfolgen. Die mit geringer Mühe abgeschabte, teilweise bei bloßer Berührung sich loslösende Verwitterungskruste ist auf der äußersten Region fast schneeweiß gefärbt. Ihre mittlere Dicke beträgt 0,5 mm (Min. cr. 0,4 mm, Max. cr. 0,8 mm). Dabei waren die dünnsten dieser gemessenen, losgelösten Schuppen auf ihrer Unterseite noch zart gelb, auf der Oberseite — wie bereits erwähnt — weiß. Es liegt keine einheitliche Substanz vor, sondern eine Reihe von verschieden weit zerklüfteten Partien des Bernsteins. Die Unterseite der leicht von selbst abbröckelnden dickeren Kruste besteht gewöhnlich aus bräunlichem Zersetzungsmaterial. Auch das Innere enthält vielfach noch einen größeren oder kleineren, feuerroten Kern von stark zersetztem Bernstein, der sich an seiner Peripherie in eine lockere, bräunliche Masse auflöst. Diese wird nach der Oberfläche hin lichter und geht durch gelbliche Farbentöne in die äußerste, weiße und pulverige Masse über. Diese ist früher gelegentlich mit Beinbruch (Osteocollen, Kalziumkarbonat) und mit Kreide verwechselt worden. — Der Umstand, daß die Krusten unterseits bräunlich sind und in ihrem Innern oft noch Brocken frischeren Materials enthalten, weist darauf hin, daß die freiwillige Lockerung und Loslösung der Kruste durch die Bildung

von Rissen eingeleitet wird, deren Verlauf sie dann folgt. Gelegentlich finden sich unter dem Zersetzungsmaterial auch Überbleibsel, bei denen ein feuerroter, stark glänzender Rest des Bernsteins fast unvermittelt in das lichte, schließlich entstehende Zersetzungsmaterial übergeht. Versuche, dieses von dem noch frischeren zu trennen, stoßen auf verschiedene Schwierigkeiten. Da die Grenzen zwischen ihm und dem anderen äußerst unregelmäßig und verschwommen sind, ferner die Verwendung eines Instruments die pulverige Masse zerbröckeln läßt, mußte in anderer Weise Hilfe geschafft werden. Am besten gelangt man dadurch zum Ziele, daß man die Stückchen zwischen zwei in sich festen Backen rollend bewegt. Die äußerste Zersetzungssubstanz, die durch die Verwitterungsvorgänge am stärksten umgebildet ist, löst sich hierbei am leichtesten los. Das feine Pulver, das man auf diese Weise erhält, ist freilich nicht so zart, wie zu wünschen wäre; kleine Teilchen der dicht unter der alleräußersten Schicht liegenden gelblichen Zersetzungsmasse sind ihm immer beigemengt. Dabei ist, wie bereits erwähnt, kein Mittel vorhanden, eine Sonderung der verschieden gefärbten Bestandteile des Pulvers durchzuführen.

Zur Bestimmung des spez. Gew. an ganzen Stücken wurden möglichst lichte abgetrennte Schuppen zerkleinert und ins Pyknometer gebracht. Dabei zeigte sich, daß ein Teil der Brocken infolge besonders stark einsetzender Zerklüftung auf dem Wasser schwamm, der andere größere aber untersank. Der Wert, der als Mittel aus allen gewonnen wurde, betrug 1,0235. — Zur Bestimmung am Pulver wurde das Verwitterungsmaterial mit dem Messer abgetrennt und dann durch rollende Reibung zwischen den Fingern die feinere, mehr weiße, äußerste Substanz losgelöst und in einem Uhrgläschen aufgefangen. Das spez. Gew. beträgt, nach der Methode von Smeeth ermittelt, 1,1146.

Die makroskopischen Beobachtungen werden durch die **mikroskopischen Befunde** gestützt und erweitert. Es läßt sich wahrnehmen, daß bei dem Bernstein mit dem Alter ein Zusammentrocknen eintritt, das dann seinerseits wieder zum Auftreten von Spannungen Veranlassung gibt. Vorzugsweise zeigen sich diese Erscheinungen in den randlichen Teilen, seltener in den mehr nach innen gelegenen. So werden sie öfter an der Grenze zwischen dem noch frischeren Succinit und seiner Zersetzungsrinde wahrgenommen. Von dieser aus, besonders in Begleitung von den durch Oxydation tiefer gefärbten Partien um Spalten, die in das frischere Material hineinragen, schieben sie sich ebenfalls ins Innere hinein; im ersten Falle mehr keil- oder halbinselförmig, im zweiten nach Art von Streifen und Bändern, die sich im gewöhnlichen Lichte bereits durch ihre Färbung von der lichteren Harzmasse ihrer Umgebung abheben und die Risse beiderseits umsäumen. — In getrübtem Stein entstanden bis in den Kern hin bei dem Eintrocknen des Balsams Spannungen, die zum Auftreten winzig kleiner Risse führten. Der Sauerstoff der Luft, welcher seinen Weg bis hierher fand, hat gelegentlich einige Teile bereits erheblich mehr gelichtet als andere. Auch hierdurch sind wieder Spannungen entstanden, gelegentlich von solcher Stärke, daß lichtere Inselpartien aus teilweise ge-

klärtem Harz sich von der noch unveränderten Hauptmasse durch scharfe Risse in ihrer Kontur abzugrenzen versucht haben. Diese Umrandung kann dann so vollständig und kräftig sein, daß man in ihr eine scharfe Grenze zwischen ungeklärtem und bereits gelichtetem Bernstein findet. — Auch dort, wo Harzflüsse von verschiedener Beschaffenheit sich zu einem einheitlichen Stück ineinanderschmiegen, treten beim Einsetzen der Verwitterung Spannungen auf. Dabei ist es natürlich gleichwertig, ob die Strömungen bereits bei der Entstehung der Stücke auftraten, um die sog. Schlauben zu bilden, oder selbst ein Produkt der einsetzenden Verwitterungsvorgänge durch die oxydierende Wirkung des Sauerstoffs der Luft darstellen. Schneidet man derartige Stücke senkrecht zur Strömungsrichtung, so zeigt sich die Differenzierung im Aufbau durch die tiefer gelbe bis bräunliche Färbung der bereits stärker veränderten Teile an. — Schließlich geben hier und dort auch eingeschlossene Fremdkörper, Inklusenreste oder ihre leeren Räume, Bläschen, kleine Sprünge, oder durch innere Strömungen eingeschleppte, tief braun gefärbte Trümmer verwitterter Bernsteinsubstanz von der Oberfläche ehemaliger Hohlräume die Veranlassung dazu. Sie setzen dem Zusammenschrumpfen des gesamten Stückes einen Widerstand entgegen, der eine Zerrung zwischen den Teilen veranlaßt.

Die Prüfung mittels polarisierten Lichtes zeigt, daß die Masse des Bernsteins in diesen Fällen nicht gleichzeitig auslöscht und in vielen Fällen einen sanften Übergang von der isotropen zur doppelbrechenden Substanz aufweist. Die scharf und einheitlich auslöschenden Teile machen sich bereits durch die vielen Sprünge bemerkbar, die durch ihr Auftreten die Spannungen auslösten. Im Gegensatz zu den geschilderten, unregelmäßig auslöschenden Partien tritt eine gewisse Einheitlichkeit auf, wo sich um Sprünge Klärungshöfe gebildet haben. Hier treten vielfach Spannungen auf, die sich unter gekreuzten Nicols aus der umgebenden Bernsteinmasse einheitlich abheben. — Das polarisierte Licht gestattet auch die Unterscheidung von geklärterem und wenig geklärtem Material, das sich bei bloßem makroskopischem Betrachten kaum voneinander unterscheidet, und ebenso von verschiedenartigem, klaren Material, das sich durch kaum bemerkbare Differenzen in der Tönung gegeneinander abhebt. Daß die hierbei auftretenden Spannungen durch Strömungen entstanden, zeigen Risse, Reste ehemaliger getrübter Harzmasse und größere Bläschen an, die gern in Bändern und Zügen auftreten und in diesen miteinander parallel in der Richtung der Strömung verlaufen. In der Gesamtheit ergibt sich die Übereinstimmung, daß das Zusammentrocknen Spannungen im Innern der Harzmasse erzeugt, die dann zur Bildung von Rissen führen.

Bei der Aufklärung der randlichen Teile verläuft dieser Vorgang etwas anders. Hier tritt kaum Polarisation auf, ebenso fehlen größere Risse. Die Spannungen werden hier an der Oberfläche meist durch Strömungen ausgeglichen und gelangen deshalb vielfach garnicht zur Entstehung. Nur wo von hier aus Klüfte und Risse ins Innere des Steins ragen und sich mit einem Aufhellungsmantel umgeben, treten sie auf, um dann randlich wieder zur Bildung von

Rissen zu führen. Wo Sprünge durch Spannungen entstanden, können die letzteren also ganz oder teilweise durch die ersteren beseitigt werden. Wie die weitere Aufhellung auch beginne, ob mit Spannungen oder mit der Bildung von Rissen, stets gehen beide miteinander Hand in Hand vor, bedingen und fördern einander und führen durch abwechselndes Wirken oder gleichzeitige Arbeit die ersten Verwitterungsvorgänge zu einem gewissen Abschluß.

Aus diesen Erwägungen und Beobachtungen geht zur Genüge hervor, daß die am Bernstein wahrgenommenen optischen Eigentümlichkeiten, wie sie durch die verschiedene Dichtigkeit des Materials bedingt sind, nicht allein auf Gebirgsdruck oder schlaubigen Aufbau hinweisen. Vielfach rühren sie auch von den Spannungen her, die bei den Oxydationsvorgängen während der Verwitterung auftreten.

Wo Klärungen sich bemerkbar machen, treten an den Grenzen dicht nebeneinander parallel verlaufende, gradlinige bis flach bogenförmige, besonders kräftig ausgebildete Sprünge auf. Doch auch klare Bernsteinmasse ist gelegentlich von winzigen Unterbrechungen durchsetzt. Das ist gewöhnlich da der Fall, wo sie aus getrübtem Material durch nachträgliche Klärung hervorging. Die kleinen Risse stammen aus der Zeit, als der Knochen durch Eintrocknen den ersten Anstoß zur Aufhellung erhielt. In ihm sind sie oft in so reichem Maße vorhanden und lassen die Aufklärungsvorgänge nach den Seiten so lebhaft verlaufen, daß die ursprüngliche Masse zwischen Maschen eines feinen Netzwerkes klaren Materials zusammengedrängt erscheint und stellenweise ganz zurücktritt. Besonders im Inneren der Stücke zeigen sich derart zerklüftete Partien; das entspricht der Tatsache, daß die noch nicht in Succinin übergeführten Reste des ehemaligen Balsams eine gewisse Neigung besitzen, nach auswärts zu wandern. Während hier dauernd ein Zusammenheilen der durch Zerbersten entstandenen Klüfte stattfindet, scheint das nach dem Zentrum der Stücke hin weniger der Fall zu sein. — Aus den feinen Kluftflächen, die eben erwähnt wurden, werden mit der Zeit gröbere, von deren Säumen dann wieder feinere in die Harzsubstanz ausgehen. Während die letzteren, verhältnismäßig jüngeren durch tiefere Tönung bereits auf Verwitterungsvorgänge durch Oxydation in ihrer Umgebung hinweisen, zeigen sich bei den älteren durch polygonal ausgebildete Zerklüftung und Bräunungen hier und da bereits Steigerungen der chemischen Umwandlung. Auf diese Weise umgeben sich Risse, besonders mehr randlich gelegene, mit einem Mantel von 180 bis 360 μ, sogar von 450 μ. Das Ausmessen der Werte bereitet oft große Schwierigkeit, da die Konturen dieser dunkler gefärbten Umrandungen in die noch frischere Bernsteinmasse hinein verschwimmen. Zwischen den Sprüngen zeigen sich im gelblich gefärbten Harz besonders gern größere Blasen bis zu 136 und 190 μ Durchmesser. Sie sind im Durchschnitt fast nie kreisrund — höchstens wenn sie den Durchmesser von 32,5 μ nicht überschreiten — sondern mehr elliptisch, breiter oder schmaler. Hieraus ergibt sich bereits, daß bei diesen Klärungs-

vorgängen eine Erweichung des Materials, verbunden mit Strömungen auftritt. Gestützt wird diese Tatsache durch den Umstand, daß oft ganze Scharen und Bänder von Bläschen, die aus den ganz kleinen bei dieser einsetzenden Klärung zu etwas größeren zusammengetreten sind, sich an den Wandungen der Spalten adhärierend festsetzten. An Sprüngen und an vorhandenen Sonnenflinten findet diese Ansiedlung stellenweise in so breiten Bändern statt, daß ihre Breite die Hälfte des Durchmessers von jenen betragen können. Dabei wurde in einem Falle solch ein Durchmesser bei einer Sonnenflinte zu 1080 μ ermittelt. Das Auftreten von Bläschen in Strömen und Zügen, sowie Schlierenbildungen sprechen weiter für derartige Bewegungen in der Bernsteinmasse. — Ähnliches habe ich bereits bei der Beschreibung des geschichteten Bernsteins und seiner Entstehung geschildert.

Stärker ausgebildet als diese kleinen Risse sind jene größeren, die sich von den randlichen Teilen her in das Innere hineinziehen. Sie verlaufen mehr oder weniger parallel zueinander; unter Bildung weiterer Sprünge setzt die Verwitterung seitlich von ihnen an. Beim Drehen der Stücke zeigen sie Reflex, besonders wenn sie jünger sind. Sie erreichen Durchmesser bis zu 5 mm und haben die Neigung zu der parallelen Anordnung wohl in Einklang mit der Tatsache, daß die Oberfläche beim Eintrocknen Säulchen von polygonalem Querschnitt herauszumodellieren sucht. Auch schuppenartige Flinten ordnen sich gelegentlich senkrecht zur Oberfläche an; in einem Falle wurde mitten unter den Sprüngen eine solche von 10,4 mm Durchmesser wahrgenommen. Diese Zerklüftung kann soweit vordringen, daß sie die ganzen Stücke durchsetzt. — An dieser Stelle mag noch einmal an die „salzartige oder kristallinische Rinde“ Aycke S erinnert werden, eine Bezeichnung, die ein treffendes Bild von dem Aussehen derart veränderten Bernsteins gibt. Wo solche Ausbildung des Randes infolge der Zersetzungsvorgänge auftritt, entsteht ein Gewirr von Sprungflächen, die den Eindruck eines Kristallhaufens machen. Teilweise bringt diese Zerklüftung dann gleichzeitig die Klärung mit sich, sodaß Klärung und Zerklüftung sich gegenseitig bei ihrem Vorrücken unterstützen.

Wo im Innern des Bernsteins getrübtes Material lichterer wird, entstehen die eigentümlichen Risse ebenso wie dort, wo dieses lichtere vollständig in Klar übergeht. Dadurch wird es oft schwierig, ja sogar unmöglich, von derartigen Partien zusammenhängende Dünnschliffe zu erhalten. Besonders stark tritt die Zerklüftung freilich am Rande auf, indem die Unterbrechungen nach ihm hin immer reichlicher auftreten. Meist verlaufen sie senkrecht zur Umgrenzung und auf gewissen Strecken gleich tief in den Succinit hinein. Die Spannungen, die am inneren Ende der so gebildeten Säulchen entstehen, gleichen sich oft durch Quersprünge auf. Deshalb läßt sich häufig eine Reihe von Rissen wahrnehmen, die zur Oberfläche parallel verläuft. An hervorragenden Partien, bei denen die Spannungsverhältnisse verwickelter liegen, verzweigen sich die senkrecht verlaufenden Risse dicht vor ihrer Mündung an der Oberfläche vielfach in eine Reihe von Armen. Das mikroskopische Bild im Schliff erinnert dann

lebhaft an eine Deltabildung. Wo randliche Vorsprünge in größerer Menge nebeneinander auftreten, ziehen sich von einem zum andern die Sprünge in Girlandenform hin; sie bilden Bogensysteme, die ihre concave Seite der Oberfläche zukehren. — Diese Sprünge sind fast ausnahmslos ganzrandig und ohne jede Zeichnung auf ihrer Fläche, also echte Sprünge. Statt ihrer bilden sich gelegentlich auch kleine, flächenartige Rißsysteme aus, die zu den ersteren wohl erst später hinzugekommen, also jünger sind. Vereinzelt treten hier auch kleine Sonnenflinten hinzu und liefern durch ihr Erscheinen den Beweis, daß nicht überall die geklärte Harzmasse gewaltsam beim Zusammentrocknen auseinander sprang. Sie verlangen zu ihrer Entstehung längere Zeit und eine mehr zähflüssige Substanz. Wo in der Oberflächen-Substanz in klarem Stein derartige Sprünge hineinragen, vermag man leicht die mehr oder minder regelmäßige und nach Form und Größe gleichmäßige, polygonal- bis rundlichsäulenförmige, an Zellen erinnernde Zerklüftung wahrnehmen. Innerhalb dieser — als der gröberen Struktur — läßt sich bereits unter der Lupe eine feinere erkennen, die als zartes Maschwerk auftritt. Sie mutet, makroskopisch betrachtet, wie ein feines Gespinst an oder ruft die Vorstellung wach, daß hier das Rindenstück eines Baumes mit seinen Gewebselementen von klarem Bernstein überfangen sei. — Einige „Succinitstücke mit eigenartigen unorganischen Einschlüssen" aus den Sammlungen des Westpreußischen Prov.-Museums in Danzig, die dem „Firnis des Handels" entstammen, sind in dieser Weise gebildet. In klargekochtem Bernstein finden sich unter den einzelnen Rissen auch Spalten bis zu 98 μ Breite. Nach dem Innern des Bernsteins hin keilen sie immer mehr und mehr aus und lassen senkrecht zu ihren Kluftflächen ihrerseits wieder viele kleine Risse entspringen. Diese besonders starke Aufblätterung wird wohl durch den Umstand bedingt, daß das klärende Öl bei dem künstlich herbeigeführten Prozeß einen Teil des Bernsteins herauslöst. Dies ist aber gerade der in Alkohol und anderen chemischen Flüssigkeiten leicht herauszuziehende Bestandteil, welcher den Bernstein in gewissem Grade elastisch erhält und ihn im gewissen Maße die Rolle einer sehr zähen Flüssigkeit spielen läßt.

Eigentümliche Erscheinungen treten ferner bei einem Stücke auf, das sich makroskopisch als schlaubig gebaut erwies. Randlich lassen sich am Querschnitt durch das Einsetzen der Verwitterung unter Bräunung leicht die einzelnen Schichten in ihren Abgrenzungen erkennen. Unter dem Mikroskop treten verwaschene, zarte Flecken oder bestimmter begrenzte und dunkler gefärbte, linien- und bandförmige Zeichnungen und Bildungen von tiefer gelb bis bräunlicher Färbung aus dem fast farblosen Untergrunde hervor. Sie weisen auf eine Differenzierung der Substanz hin. Diese tiefere Tönung ist nicht immer durch Risse bestimmt; vielfach tritt sie scheinbar unvermittelt auf. Hier zeigt sich das Vorhandensein verschiedener Harzflüsse, die sich an- und ineinanderschmiegen; ihre verschiedene Beschaffenheit und die zwischen ihnen bestehenden Spannungen äußern sich durch das Auftreten von Doppelbrechung einiger Partien.

Bei der Entstehung der Risse, welche senkrecht zur Oberfläche stehen, zerfällt die oberflächliche Hülle häufig in einzelne Schollen, die sich längs diesen Rissen gegeneinander verschieben. Es treten Verwerfungen auf; horstartige Hervorragungen und grabenartige Vertiefungen unterbrechen dann den gleichartigen Verlauf der äußeren Konturen. Auch hier ist es wieder klar gekochter und mehr noch der auf trockenem Wege geklärte Stein, bei dem derartige Ausbildungen sich vorzugsweise zeigen[1]).

Die polygonale Zerklüftung geht gelegentlich weniger in die Tiefe und arbeitet dann vorzugsweise daran, die Oberfläche mehr und mehr aufzublättern. Durch die besonders lebhaft einsetzende Zersetzung treten dann tiefgelbe bis bräunliche Farbentöne auf, die ihrerseits wieder mit der Zeit grauem und schließlich fast reinem Weiß Platz machen. In den beiden letzteren Fällen wird die Vorstellung erweckt, als seien die Teile in und an den Rissen mit einem zarten Hauch einer mehlartigen Substanz bedeckt. Die an all diesen Unterbrechungen auftretende Totalreflexion gibt zu dem Hervortreten dieser eigenartigen Umhüllung, die sich mit der Zeit immermehr verstärkt, den ersten Anstoß.

Dem klaren Berstein steht am anderen Ende der Reihe, welche die durch verschiedenartige Trübung charakterisierten Varietäten bilden, der Knochen gegenüber. — Bei diesem Material läßt sich vortrefflich beobachten, wie mit der Bildung von Sprüngen am Rande die Klärung einsetzt. An einigen Stücken, bei denen diese noch jung sind, zeigt sich das Ausgangsmaterial noch unverändert. An anderen treten oberflächlich und an den Kluftflächen bereits klare Säume auf und geben beim Drehen des Stücks zu Reflexen Veranlassung. Die staubartig verteilten, winzigen Bläschen stehen in der Mitte der durch die Zerklüftung erzeugten Säulchen am dichtesten, nach dem Rande hin rücken sie mehr auseinander und werden größer, bis sie in den Säumen bis 1,3 μ Größe erreichen und zu entweichen versuchen. Das gelingt ihnen aber nicht ohne weiteres; vielfach sind sie an den Grenzflächen vorläufig hängen geblieben. Schließlich ist die gesamte Randpartie völlig geklärt. Die bastionenartig hervoragenden Bestandteile der zerklüfteten Oberfläche zeigen dann meist die Neigung abzubröckeln. — Während an einigen Schliffen diese zerteilten Umrandungen sich bräunen und so ihrem vollständigen Zerfall entgegengehen, lassen sich an anderen auch Ausfüllungen von ganz klarer Substanz bemerken. Es handelt sich hierbei wieder um die löslichen Bestandteile des Bernsteins, der auf diese Weise versucht, die entstehenden Wunden auszuheilen. Sicherlich ist diese Wiederherstellung nur vorübergehend. Bei weiterem Zusammenschrumpfen entstehen wieder weitere Sprünge, die in ihrer immermehr anwachsenden Menge nicht mehr in ihrer Gesamtheit ausgefüllt werden können.

Die Risse bieten zirkulierenden Lösungen von Eisensulfat willkommene Gelegenheit zum Niederschlagen von Markasit. Besonders scheinen dazu die innersten Winkel bevorzugt zu werden; wohl aus dem Grunde, weil dort die

[1]) 75, 36.

Flüssigkeit am längsten durch die Kapillarkraft festgehalten wird. Daher haben sich stellenweise Ablagerungen gebildet, die an der Grenze zwischen der randlichen zerklüfteten und der inneren, ursprünglichen Substanz sich wie eine konzentrische Schale hinziehen. Diese bildet im Dünnschliffe Streifen von gelegentlich 5 mm Länge bei 1 mm Dicke.

An dieser Stelle sei noch einiges über die Beschaffenheit des Randes ausgeführt. Beim klaren Stein setzt die Verwitterung an der Oberfläche des Stückes und der Risse ein, um von hier ins Innere zu dringen. Die Bräunung, welche sie hervorruft, tönt sich mit der Entfernung vom Ausgangspunkt mehr oder weniger schnell ab. — An einem Stücke drang sie mit ihren Sprüngen im Mittel 10 mm tief ein; davon zeigte etwa die äußere Hälfte allein die Bräunung in deutlicher Klarheit. Eine fast kugelförmige, randlich gelegene Partie von etwa 14 mm Durchmesser, die sich aus der Bernsteinsubstanz der Hauptmasse mit ihren Sprüngen hervorhebt, setzt sich an einer Stelle an die Verwitterungszone an. Diese dringt hier also noch tiefer als an den anderen Stellen in den Stein hinein. Reste von flohmigem Bastard weisen darauf hin, daß das Material aus derartigem getrübtem Bernstein hervorging.

Getrübtes Material mit Klärungsvorgängen zeigte ähnliche Bildungen wie klarer Stein. So zeigte z. B. ein Stück mit einer 3 bis 5 mm dicken Zersetzungszone, wie diese sich in Halbinseln und kleineren von ihr losgelösten Inseln in die Bernsteinmasse hineinschiebt, an einer Stelle sogar im ganzen 10,5 mm weit. Bei anderen Proben ist die Verwitterungshülle bröckelig, und ihre Spaltungsflächen zeigen selbst an den sich randlich loslösenden Stückchen starken Glanz. Bei einem Knochen mit Klärungspartien wiesen die eindringenden Risse wieder breite, gelbliche Säume aus geklärtem Bernstein von 2—5 mm Breite auf. Statt der vielen Risse und Sprünge, welche den durchsichtigen Teil durchsetzen, tritt in dem verhältnismäßig sehr wenig zerklüfteten, getrübten Succinit eine zarte Ockertönung hervor. Dieses so veränderte Bernsteinmaterial vermag vorzüglich Politur anzunehmen. An einigen Stellen, besonders an Übergängen, wechseln die getrübten und die bereits geklärten Partien in achatartigen Zeichnungen miteinander ab.

Wolkig getrübter Stein zeigt eine geklärte oberflächlige Verwitterungsrinde, die ihrer ganzen Breite nach, etwa im Verhältnis 10 : 11, von Rissen durchsetzt ist. — Eine eigentümliche Verwitterungserscheinung zeigt ferner ein ungefähr 20 mm dickes Stück Bastard. Randlich ist es in der Breite von 4 bis 9, und an einigen Ausbuchtungen sogar bis 10 mm, scheinbar von einer Decke aus Kristallen bedeckt, dagegen führt ein etwa 10 mm breiter Streif aus gleichem Zersetzungsmaterial quer durch die Substanz hindurch. — Auch beim Knochen bildet sich meist eine Zersetzungskruste, die mehr oder weniger in die Tiefe dringt. Größere Sprünge liegen vielfach in dem geklärten Rande, während nach der ursprünglichen Hauptmasse des Materials ein sanfter Übergang stattfindet. Das zungenförmige Vorrücken der zerklüfteten, scheinbar kristallinischen Zersetzungssubstanz bis in eine Tiefe von

von 9,8 mm wurde in einem Falle durch vorhandene stärkere Risse möglich; dabei betrug die Breite etwa 7,3 mm.

Wo die Hülle der Stücke aus einem äußeren Teil und einem inneren besteht, kann man wohl an zwei Krusten denken. Die äußere bestände dann aus der bröckeligen, von Rissen durchsetzten Substanz, welche sich von der noch einheitlich vorliegenden scharf absetzt, die andere aus dem tiefer gefärbten Teil der letzteren. Sie geht in zarter Farbenabstufung in den frischeren Kern über. Tatsächlich ist nur der äußere zerklüftete, teilweise rauhe Mantel als eigentliche Verwitterungskruste anzusehen; die innere, welche bis braunrot gefärbt und die äußere um das Doppelte an Dicke übertreffen kann, ist die Klärungszone, welche von der inneren Grenzfläche der Verwitterungskruste nach dem Kern hin vorrückt und als ihr Vorläufer anzusehen ist.

Die Klärung im Knochen beginnt meist von winzig kleinen Rissen aus, die beim Eintrocknen des Bernsteins entstehen. Diese treten oft so dicht nebeneinander auf, daß sie wie ein feines Netzwerk die ganzen Proben durchsetzen und das ursprüngliche Material mehr und mehr einengen. Zwischen der gelichteten Masse bleibt es in Form kleiner, rundlicher bis länglicher, teilweise sogar gradlinig begrenzter Inseln erhalten. In letzterem Falle läuft dann die Begrenzung meist parallel zu einem Riß oder einem Spalt. In anderen Fällen scharen die winzigen, ursprünglichen und größere aus ihnen hervorgegangene Bläschen sich dicht zusammen und bilden in der bereits gelichteten Harzmasse vereinzelte Flocken. Wo viele solcher Gruppen zusammentreten, erhält der Dünnschliff ein scheckiges Aussehen. — An den randlichen Teilen beginnt die Klärung selbstverständlich von der Oberfläche aus. Dies zeigt sich besonders dort, wo peripherisch einige Teile getrübten Bernsteins über die anderen hervorragen. Sie sind gewöhnlich von der Aufhellung besonders bevorzugt, denn unter ihnen dringt diese tiefer vor als an den benachbarten Teilen.

Gelegentlich setzt die Klärung im Innern auch von kleinen Bläschen aus ein. Diese liegen dann in meist rundlichen Höfen von 40 bis 65 μ, oder in elliptischen von rund 50 bis 100 μ Durchmesser, während der ihre selbst nur 2 μ beträgt. Vielfach sind die Konturen jedoch derart verschwommen, daß genaue Ausmessungen nicht vorgenommen werden konnten. Die eben gegebenen Werte sind die häufigsten. — Über ähnliche Aufhellungshöfe berichtete ich bereits a. a. O.[1]). — Außer den Rissen am Rande und im inneren Teil treten auch Flinten auf und liefern so den Beweis, daß die Zerklüftung der schrumpfenden Teile auch über längere Zeit sich hinzog. Dafür sprechen auch die eigentümlichen an Achat erinnernden Ringzeichnungen, die durch besondere Klärungsvorgänge aus dem Knochen entstanden. Andererseits zeigt sich hier dann auch das Bestreben der löslichen Bestandteile des Bernsteins, die Unterbrechungen in den Stücken auszufüllen und so auszuheilen.

[1]) 87, 5.

Ähnliche Aufhellungen zeigt ein Stück, bei dem scheinbar klares Harz von knochigem umflossen ist. Es ist abgerollt und hat die Ausmessungen 23 × 26 × 11 mm, der eingeschlossene Kern im Querschnitt 3 × 13 mm. Dieser setzt sich von der Umrandung fast überall scharf ab, nur an einer Stelle findet ein zahnartiges Ineinandergreifen von geklärtem und ungeklärtem Material statt. Wie die vielen kleinen Sprünge in dem durchsichtigen Teil ergeben, ist er aus dem Knochen hervorgegangen. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß die scharfen Vorsprünge des umschließenden Knochenmaterials stellenweise etwas verwischt sind und Übergänge erkennen lassen, die beim Betrachten unter der Lupe noch zurücktraten. Die zart gelblich gefärbte Umrandung des klaren Inneren weist auf einsetzende Verwitterung hin. Zu dieser gefärbten Randpartie verläuft parallel im Inneren eine ebenso, aber etwas schwächer getönte Zone. Nach dem Rande hin liegen Stückchen von Bernsteinknochen wie Inselreihen, beziehungsweise wie Giranden oder Bögen, andererseits ragen sie zungen- oder halbinselförmig in das durchsichtige Harz hinein. Bei diesen Ausläufern des knochenartigen Bernsteins sind die Konturen niemals scharf; sie gehen in sanfter Abtönung in Klar über. Zwischen diesen abgegliederten Partien der noch fast unveränderten Substanz und dem umrahmenden Material weist die tiefere Gelbfärbung darauf hin, daß hier Klärungen stattfanden. Diese Vorgänge lassen sich an verschiedenen Stellen scharf kontrollieren, unter anderem machen sie sich auch durch Zerteilung einer Halbinsel in eine Reihe von elliptischen, kleinen Inselchen bemerkbar. — An einigen Stellen solcher aufgehellten Stücke wird die Vorstellung von geschichtetem Bernstein wachgerufen. Hier zeigen sich Bläschen von etwa 1,3 μ Durchmesser in Scharen, Schwärmen und Zügen innerhalb des Schliffs; es sind dann die kleinsten, die in ihm vorkommen. Dazu gesellen sich größere bis von 58 μ Durchmesser, die scheinbar unvermittelt unter diesen winzigen Hohlräumen auftreten.

Unter den Teilen des Bernsteins, wo knochige Trübungen sich aufhellen, finden sich öfter mehr oder weniger vollkommen ausgebildete concentrische Ringsysteme aus getrübtem und bereits gelichtetem Material. Gewöhnlich pflegt Bernsteinknochen hier zu Grunde zu liegen. In der Mitte zeigen die Bläschen dieser Systempartien gelegentlich eine gewisse Trübung, dadurch hervorgerufen, daß ihre Innenflächen sich oxydierten. Diese besitzen im geklärteren Stein einen Durchmesser von 2,6 bis 3,9 μ und weisen damit auf einen Übergang des Knochens in Bastard hin. Die größeren Bläschen zwischen den Ringensystemen haben einen ebenso großen Durchmesser. Dagegen besteht die unveränderte Hauptmasse, aus der auch die Ringe selbst gebildet sind, aus staubförmig verteilten, winzigen Bläschen. — Nach der gelblichen Verwitterungszone hin wächst der Durchmesser der größeren Bläschen auf 6,5 μ und in den Brocken der zerklüfteten Verwitterungszone sogar bis auf 9,1 und 10,4 μ. Hier tritt dann aber bereits schon eine Aufhellung, bzw. oberflächliche Klärung des Bernsteins ein. Über derartige Bildungen konnte ich bereits früher[1]) berichten.

[1]) 87, 16. 17.

Bei den Klärungsvorgängen läßt sich als wichtigstes Moment hervorheben, daß die kleinen Bläschen zu größeren zusammenfließen. Da zu diesem Zusammentreten eine gewisse zähflüssige Beschaffenheit des Bernsteins notwendig ist, findet es besonders dort statt, wo von der Oberfläche und ihren Zerklüftungen oder von Rissen im Inneren aus der Sauerstoff der Luft einzuwirken vermag. Er wird besonders die leicht schmelzbaren Harze angreifen, sie in einfachere Verbindungen zerspalten und dadurch eine Zufuhr weiteren derartigen Materials aus dem Inneren veranlassen. Diese Diffusionen setzen die Harzmasse in Bewegung. Wo durch die Orientierung der Stücke größeren Bläschen die Möglichkeit emporzusteigen geboten wird, helfen sie durch ihren Auftrieb dabei mit.

An Kluftflächen und Rissen sind Bläschen bis zu 1,3 μ Durchmesser oft hängen geblieben, ebenso an Sonnenflinten, die sich ihnen beim Aufsteigen hemmend in den Weg stellten. An einer solchen von 1080 μ Durchmesser konnte in einem Falle eine derartige Ansiedlung von etwa 500 μ Breite wahrgenommen werden. Doch auch größere, länglich-ellipsoidische bis fast flache Bläschen von etwa 1 mm, sogar bis zu 2 mm Länge treten in solchen randlichen Teilen häufig auf. Runde und rundliche Hohlräume sind selten, sie wurden bald nach ihrem Zustandekommen verzerrt, oder es gelang ihnen überhaupt niemals, die Gestalt einer idealen Kugel anzunehmen. Die Harzmasse erinnert dann an eine stark zähe Masse, die sich ziehend bewegt, etwa als ob sie den Weg in die Tiefe suchte. Auch in den brockenartigen Resten des geklärten Randes liegen teilweise recht große Bläschen, deren Durchmesser bis zu rund 120 μ gemessen wurde. Meist sind sie kugelrund, dann aber auch länglich oder gedrückt, als wäre eine elastische Hülle, z. B. eine Gummiblase, von mehreren punkt-, linien- oder flächenförmigen Angriffsstellen aus gleichzeitig deformiert. Hier handelt es sich wohl um die leicht lösliche Harzmasse im Bernstein, die ins Innere hineintritt. Gleichzeitig macht sich ihre Neigung bemerkbar, die Hervorragungen, bzw. die durch sie hervorgerufenen eckigen Formen, wieder zu einer Kugelfläche abzurunden. Durch derartig ausfüllende Substanz können die Bläschen vollständig verschlossen werden. Dann hat das stattgefunden, was man mit „sich zusammenziehen“ oder „zusammenfallen“ zu bezeichnen pflegt.

Teilweise haben die Bläschen auch einen Hof um sich entstehen lassen[1]), der in einem Falle bei einem Radius des Hohlraums von 55 μ selbst einen solchen von 74,5 μ aufweist, d. h. die Kugelfläche seitlich um 35% von ihrem Radius überragt. Weiterhin sind auch Bläschen zu flintenartigen Sprüngen zusammengesunken, was ebenfalls auf lebhafte Bewegungen in den äußeren Harzpartien hindeutet. Ferner zeigt sich häufig, daß Sprünge, sowie größere, verschiedenartig gestaltete, aber kaum kugelrunde Bläschen in der Flußrichtung orientiert sind. Die letzteren wurden in dieser ausgezogen. Es entstanden daraus flache Gebilde und schließlich flintenartige Risse, die dann wieder ver-

[1]) 87, 12.

heilen konnten. Stellenweise blieben sie freilich erhalten, bräunten sich und erhielten bei weiterer Zersetzung durch die beginnende polygonale Zerklüftung eine chagrinierte Oberfläche. Alle diese Gebilde sind dann gleichsinnig angeordnet und gehen ineinander über. — An anderen Stellen haben die deformierten Bläschen die Form von Spindeln, Saturnen, Mützen, Polyedern und dabei ebenfalls die Neigung, in Sprünge überzugehen, besonders dort, wo die Gelbfärbung einsetzt. Übergang in der Form und Orientierung in Zügen sind auch hier als Erscheinungen des Fließens aufzufassen.

An Kluftflächen macht sich die Eigentümlichkeit der Züge aus den Bläschen bemerkbar, besonders gern parallel zu den gebotenen Grenzen oder andererseits, doch seltener, senkrecht dazu hinzuziehen. Für den ersteren Fall läßt sich eine Erklärung durch seitliche Einwirkung der Luft von der Unterbrechung her geben. Wo Bläschen sich in größerer Menge unter der klaren Harzmasse der Oberfläche ansammeln, lassen sie diese lebhaft glänzen. Eine besonders prächtige Lichtwirkung wurde in einem Falle wahrgenommen, als diese Hülle etwa 90 μ Dicke hatte. — In den dichten Bläschenmassen der randlichen Partien setzt infolge der besonders vorteilhaften Durchlüftung und der großen Oberfläche eine lebhafte Bräunung ein, welche die tiefsten Töne anzunehmen vermag. Besonders bei durchfallendem Lichte ist sie gut wahrnehmbar. Die Chagrinierung in ihr weist darauf hin, daß keine Verwechselung mit oxydischen Eisenverbindungen vorliegt.

Sprünge im Inneren des Bernsteins sind an ihrem Rande vielfach gefedert, gekämmt oder thallusartig, teilweise sogar schuppenförmig. Die nach dem Ausgleich der Spannungen durch diese Unterbrechungen noch vorhandenen Reste von derartigen Kräften suchen sich in friedlicher Weise auszugleichen. Es findet ein langsames Austönen des zuerst gewaltsam verlaufenden Zerreißungsvorgangs statt. Bereits unter der Lupe zeigen die Sprünge oft konzentrische Zeichnungen, welche an die der Fischschuppen erinnern. Es weist das darauf hin, daß mehrere Male die Spannkräfte sich bis zu einer gewaltsam wirkenden Größe anstauten. Ähnliche Ausbildungen findet man auch dort, wo Rindenbrocken sich langsam von der gebräunten Kruste ablösen. Wo schlaubiges Material vorliegt, ist für die entstehenden Sonnenflinten bereits Form und Gestalt im Voraus bestimmt, nur so ist es möglich, daß sie an den Mantel eines Kegels, an Schalen erinnern, oder daß ganze Rißbildungen in eigentümlicher Weise ausgefranzt sind.

Bläschen können aber nicht nur zu einfachen Sonnenflinten zusammensinken, sondern auch zu eigentümlichen Rosettenformen. In einem Falle fand eine derartige Umbildung bei einem Hohlraum von dem Durchmesser 261, bzw. 273 μ statt. Der aus ihm hervorgehende Spalt bildet eine Rosette mit 3 Hauptlappen, deren jeder sich wieder aus vielen mehr oder weniger gekrümmten Teilen mit gelappten Randpartien aufbaut. Bei der verhältnismäßig großen Oberfläche sind die Oxydationsvorgänge hier besonders lebhaft, hauptsächlich dort, wo die eine flache Hohllinse bildenden Hauptflächen unter äußerst

kleinem Winkel zusammentreffen; dafür sind die randlichen Partien hier auch gebräunt. An diesen Saumpartien zeigen sich tiefer getönte, bräunlich-gelbe Thallus- und Dendriten-artige Verästelungen und Verzweigungen, die von den Konturen ihren Ursprung nehmen. Ferner treten hier winzig kleine Tröpfchen auf, die sich in netzartigen und gerundeten Figuren gruppieren und in derartige Gebilde überzugehen streben. Diese eigentümliche Sonnenflinte hat also das Bestreben, das Bernsteinstück langsam noch weiter zu zerklüften. — An anderen Teilen wird ein allmähliches Ausheilen derartiger Flinten angebahnt. Dann bleiben flache, dunkelbraune, fast kreisrunde Scheiben der früheren Verwitterungssubstanz übrig, an denen die polygonale Zerklüftung des Bernsteins sich bemerkbar macht. In den Strömungen innerhalb des Bernsteins sieht diese mitgeführte Substanz wie eine Verunreinigung aus; dabei wird sie je nach der Länge des Weges, den sie zurücklegt, scheinbar mehr und mehr aufgelöst. Es ist anzunehmen, daß die leicht löslichen Harzbestandteile im Laufe der Zeit ihre feinen Risse und Fugen ausfüllen und sie dadurch weniger deutlich hervortreten lassen.

Auch in klar gekochtem Bernstein wurden Flintenbildungen studiert. Viele hatten rundlichen Umriß und zeigten bei 325 μ und sogar 390 μ Durchmesser eine kräftige Aufblähung. Ihre Kluftflächen hängen randlich nur noch durch Tröpfchen zusammen, die schließlich zu Dendritenbildungen zusammenfließen. Derartige Flinten treten fast nur am Rande der Sprünge und der Rinde auf, wo das berührende warme Öl den Stein gut durchweichen konnte. Neben und zwischen den einzelnen kleinen Dendriten bilden sich viele feine Risse aus. — Bei diesem Prozeß findet eine starke Schrumpfung statt; das macht sich auch an den breiten Rissen bemerkbar, die sich selbst zwischen den Dendritenbildungen zeigen.

Durch Wärmewirkung kommen nicht allein im Innern des Bernsteins eigenartige Strömungen zum Ausdruck. Leicht schmelzbare Harzbestandteile sammeln sich auch an der Oberfläche und überziehen sie mit einer dünnen, durchsichtigen Decke. Besonders gut kann sie auf den getrübten Bernsteinvarietäten wahrgenommen werden, am besten auf Knochen und schaumigem Stein. Am vorteilhaftesten sind dazu ferner die Stücke, welche im Querschnitt die Verhältnisse klar erkennen lassen: das getrübte Material und die durchsichtige Schicht darüber. Oft hat sie 45 und mehr μ Dicke und ist je nach ihrem Alter glasartig glänzend oder mehr matt. Ihrem mehr oder weniger zerklüfteten Untergrunde haftet sie fest an und bedeckt oft nur bestimmte Stellen; hier hat sie dann eine scharfe oder mehr verschwommene Umgrenzung. Diese Hülle kann sich im Laufe der Zeit ebenfalls durch Verwitterungsvorgänge dunkel färben und zerklüften. Wo sie getrübtes Material überzieht, erscheint dieses durch sie besonders stark gebräunt. Ist sie an einigen Stellen abgestoßen oder abgerieben, so kommt der Kern, den sie umschließt, zum Vorschein. Das ganze Stück sieht dann matt und lichtbraungelb aus und erinnert an einen Ledereinband, der stellenweise bescheuert ist. In anderen Fällen ist der getrübte Bernstein oberflächlich bereits stark gelb gefärbt, und eine junge Haut aus klarem Bern-

steinmaterial bedeckt ihn. Das Stück scheint dann bei oberflächlicher Betrachtung Farbe und Beschaffenheit des Porzellans zu haben. In Wirklichkeit wirkt die dünne Hülle wie ein Lack, während die Totalreflexion an den Bläschen durch zarte Oxydationsvorgänge auf ihren Oberflächen das ausgeprägte Weiß in eine lichte Ockerfarbe gemildert haben.

Wo diese zarte Schicht klaren Harzes sich nicht über den Bernstein lagert, erscheint er infolge der Verwitterungsvorgänge vielfach rauh. Durch die Strömungen im Innern ist stellenweise wieder ein Ausgleich störender Erscheinungen eingetreten, gewisse Stellen machen aber doch den Eindruck, als wären sie angeätzt. Wo die Hülle den Stein bedeckt, füllt sie meist auch die Risse an der Oberfläche des Steins aus und läßt sie ganz oder teilweise zusammenheilen. Wo sie fehlt, macht sich trotz des leuchtenden Flimmerns der an Kristall erinnernden Sprungflächen eine Rauhigkeit bemerkbar. Dazu kommt, daß bei der Zerklüftung Verwerfungen auftreten, daß also die Trümmer der peripheren Partie sich übereinander zu erheben trachten. Wo die Aufblätterung einsetzt und immer weiter fortschreitet, erscheint die Oberfläche grau bestäubt; sie kann durch die überhandnehmende Totalreflexion sogar weiß werden. Dann liegen matte, weiße Partien vor, die an Meerschaum, Kalk oder Mergel erinnern. Auch hier vermag die Umhüllung den Stücken einen mehr oder weniger kräftigen Glanz zu verleihen, zur vollkommenen Beseitigung der Hohlräume reicht ihre Masse aber kaum aus, selten nur zum Teil. — Schließlich tritt eine rauhe Oberfläche gelegentlich auch dort auf, wo der Bruch oder Schnitt durch ein Material hindurchführt, das von größeren Bläschen durchsetzt ist. Es handelte sich dabei um ein randlich abgelöstes Stück, bei dem die Hohlräume 25 bis 35 μ Durchmesser besaßen. Eine derartige Beobachtung wurde nur in einem vereinzelten Falle gemacht.

Wo diese dünne Haut ihrem zerklüfteten Untergrunde anhaftet und eine scharf umrissene Umgrenzung hat, kann ferner eine besondere Eigentümlichkeit an ihr wahrgenommen werden. Auch hier sitzt sie wie in den anderen Fällen dem verwitterten Material so fest auf, daß sie von ihm mit Hilfe des Messers nur in winzigen Bruchstücken losgelöst werden kann. An einer Stelle zeigt sie aber kreisrunde, glatte bis flach gewölbte Ausbildungen, die im Mittel etwa 4 mm Durchmesser haben. Ringförmige Skulpturen und Riefen, die zu dem Umriß fast oder ganz konzentrisch verlaufen und eine flach kraterförmige Vertiefung in der Mitte oder statt deren eine kleine Erhebung mit Abrißstielchen erkennen lassen, weisen darauf hin, daß hier ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie bei den polygonal umgrenzten Zersetzungsschuppen der Kruste. Auch hier treten auf der Erhebung oder in der Vertiefung bei guter Erhaltung Hervorragungen auf, welche als Abreißleisten zu deuten sind und vielfach die Form kleiner Stielchen haben. Dann liegt ebenfalls eine ursprüngliche Kluftfläche vor, durch die zwei größere Bernsteinbrocken sich voneinander loslösten. Die Riefen weisen darauf hin, daß diese Trennung nicht auf einmal erfolgte, sie zeigen an, wo die Grenzen der einzelnen Perioden hierbei zu suchen sind.

Auf einem weiteren Stück mit durchaus zerklüfteter Zersetzungsrinde und den größten Ausmessungen $43 \times 32 \times 23$ mm fand ich beim Durchsuchen des mir zugänglichen Materials diese Loslösungsflächen in prächtigster Ausbildung. Gleichzeitig tritt die Anlage dieser kreisförmigen Skulpturen hier in drei Fällen auf. Die konzentrisch angeordneten Riefen heben sich deutlich aus der Ebene hervor und vermögen die Spiegelung des Gebildes als Ganzes zu verhindern. Bei der einen Fläche beträgt der Radius rund $17^1/_2$ mm, leider ist sie nur zur Hälfte erhalten. Stellenweise lassen sich die Räume zwischen je zwei Riefen messen; die Entfernung beträgt 0,75 bis 1,25 mm, im Mittel etwa 1 mm. In der Mitte des Systems ragt eine sich nach oben schnell verjüngende Erhebung von etwa 2,5 mm Radius an ihrem Grunde in die Höhe. Sie läuft oben in ein kleines Spitzchen aus, das die Gesamtfläche um rund 1 mm überragt. Es ist nach einer Seite hin etwas abgebogen, und in dieser zieht sich auf ihr eine zarte Furche hin, die als feine Reißlinie zu deuten ist. Die Gebilde sind meist kreisrund und konzentrisch, nur selten mehr oder weniger schwach exzentrisch mit einer kaum merklichen Neigung zu einer elliptischen Ausbildung. Soweit beobachtet werden konnte, bilden sie um die gemeinsame Mitte niemals ganze Kreise, sondern nur etwa $^3/_4$ der eigentlichen Peripherie aus. Wo die Erhebung von der Grundfläche aus beginnt, treten sie plötzlich dichter zusammen, so daß ihre gegenseitige Entfernung nur etwa den 3. oder gar 4. Teil von der sonst beobachteten beträgt.

Bei einer kleineren derartigen Bildung von 6,4 mm Radius ist der Zwischenraum zwischen den einzelnen Riefen ebenso groß wie bei dem vorigen Stücke auf der Hauptfläche. Hier befindet sich in der Mitte ein Grübchen. Von diesem verlaufen bis auf etwa $^1/_4$ der Breite der Loslösungsfläche radiäre Sprünge. — In einem dritten Falle stoßen zwei solche Bildungen, deren jede schwach muschelartig ausgehöhlt ist, aneinander. Die eine ist fast bis an den Rand mit gekrümmten Radien versehen. Es ist das ein Beweis dafür, daß während der ganzen Zeit der Loslösung eine geringfügige Drehung der Teilstücke gegeneinander stattfand. Bei den Bildungen an dem vorher erwähnten Stück setzten sie erst dicht vor der Trennung ein.

Auch an verschiedenen anderen Stücken zeigen sich derartige Loslösungsflächen, doch sind diese durch Wölbungen und bei ihrer großen Sprödigkeit durch teilweise Zerstörung mehr oder weniger vollkommen und bemerkenswert. In einigen Fällen liegen in der Mitte grübchenartige Vertiefungen mit noch tiefer liegendem bzw. erhöhtem Spitzenteil. — Daß die beiden sich trennenden Bernsteinstücke zerrend auf die Bernsteinhaut wirkten, geht aus den Rissen hervor, die sich auf diesen Flächen und zwar meist in radialem Verlaufe antreffen lassen. Senkrecht zu diesen, und wohl durch Spannungswirkungen von ihnen aus, treten dann seltener tangentiale auf. Ist die Fläche vollständig von diesen zertrümmert, so scheint sie mit dem Netze einer Spinne bedeckt zu sein. Auch in diesem Falle haften ihre Fetzen der Unterlage noch fest an. Besonders schön treten die Risse hervor, wo sie Markasit in sich niederschlugen.

Kleine Bleche von ihm und Trümmer von solchen finden sich, teilweise stark zersetzt, auf und zwischen den Flächen der zerklüfteten Stücke.

Nicht nur auf der Oberfläche, sondern auch auf den Spalten des Bernsteins kann sich also im Laufe der Verwitterung eine dünne Haut von durchsichtigem, aber sprödem Material ablagern. Mitunter gelingt es ihr nicht, die Klüfte vollkommen auszuheilen, weil diese sich dauernd mehr und mehr erweitern. Die Flächen werden zuerst fest aneinander gekittet, so daß eine Ansammlung von Energie notwendig wird, bis der erste Trennungsversuch gemacht werden kann. Zwischen diesem und dem nächstfolgenden hat die lösliche Harzsubstanz getrachtet, die sich trennenden Teile nach Möglichkeit wieder zu verbinden und besonders die unter spitzem Winkel zusammentreffenden Flächenteile an ihrer Naht zu verkitten. Sobald bei der Verwitterung wieder genügend Spannkräfte aufgespeichert sind, erfolgt das zweite Losreißen, und die bisher angehäufte

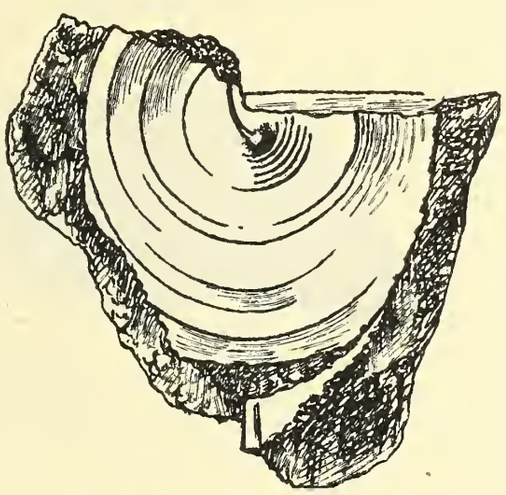


Fig. 5. Ablösungsfläche. Vergr. 4 : 3.

Oberl. P. Baenge phot.

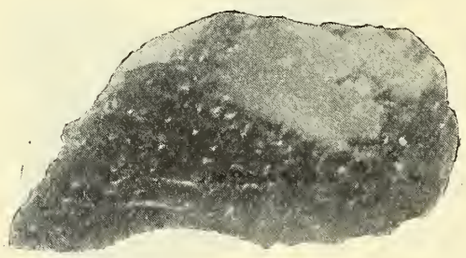
Fig. 6. Die gleiche Ablösungsfläche.
a) hervorragendes Spitzchen.
Samml. des Westpr. Prov.-Mus.;
Koll. Dr. Helm. Verkl. 5 : 6.

Harzmasse an den Säumen der Berührungsfläche bleibt als Narbe in Kreisform zurück. Diese Fläche wird mit der Zeit immer kleiner, und die Loslösungen können immer häufiger aufeinander folgen. Gleichzeitig wölbt sich die Masse mehr oder weniger empor, bis schließlich eine vollkommene Trennung stattfindet. Hierbei kann der Rest der verkittenden Harzmasse noch in Form von Fäden längere Zeit die auseinanderrückenden Teile verbinden, bis Verwitterung oder mechanische Einwirkungen sie zerstören. Da die Flächen beim Auseinanderrücken nicht parallel zueinander verlaufen, tritt die Loslösung unter Bevorzugung einer bestimmten Richtung ein. Auf der entgegengesetzten sind die Spannkräfte noch nicht ausgenutzt und werden dann soweit anwachsen können, daß diesesmal hier das Losreißen erfolgt. So verläuft die Trennung in pendelnder Bewegung zwischen zwei Hauptrichtungen, meist in einer Ebene. Daher zeigen sich die Kreise an den Riefen nie vollständig ausgebildet und meist abwechselnd so angeordnet, daß die eine Gruppe von Bogen nach der einen, die andere nach der anderen Richtung ihre Öffnung hat. Auch die etwas elliptische Form der Skulpturen läßt sich durch diese Bildungsweise erklären. — Ist zwischen den einzelnen Trennungsversuchen die Menge der löslichen Harzsubstanzen mit ihren

Ausheilungsversuchen nur gering, so entstehen auch nur zart angedeutete Zeichnungen, die an einen muschelartigen Bruch erinnern.

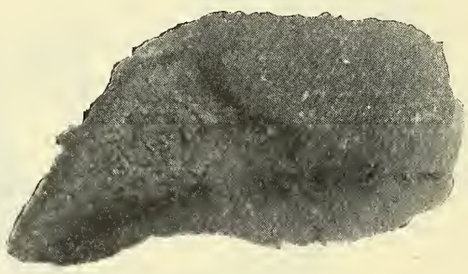
Die beigegebene Skizze führt die größeste Loslösungsfläche mit ihren Riefen, dem Spitzchen und der Abreißungsfurche vor Augen (Fig. 5). Das andere Bild zeigt die gleichen Verhältnisse in photographischer Wiedergabe. Seine Herstellung bereitete große Schwierigkeiten, weil die interessierende Fläche schwach gewölbt ist. Immerhin läßt sie bei a das Spitzchen mit der Furche nach dem Rande hin, sowie das Vorhandensein der vielen radial und tangential verlaufenden Risse erkennen (Fig. 6).

Diese Ablösungsflächen mit ihren Skulpturen sind besonders deshalb interessant, weil sie ein Bild geben, wie sich die Kruste in den polygonal umgrenzten Schuppen von der gebräunten Bernsteinsubstanz loslöst. Liegen doch in den Terassierungen und Reißlinien dort ähnliche Bildungen vor wie die hier eben betrachteten. Die dort auftretenden Abweichungen werden durch



Oberl. P. Baenge phot.

Fig. 7. Kreisförmige Ablösungsflächen in Gestalt von Grübchen. Samml. des Herrn Pfarrer Winkler-Zoppot. Natürl. Gr.



Oberl. P. Baenge phot.

Fig. 8. Dieselben Ablösungsflächen in durchfallendem Lichte. Natürl. Gr.

die eigentümlichen Ausbildungen auf dem erhärtenden Balsam und die Sprünge bedingt, welche zwischen den dabei auftretenden Erhebungen bei der später eintretenden Schrumpfung des Bernsteins sich muschelartig hinziehen.

Einen Hinweis, daß die ebenen Loslösungsflächen ebenso wie die terrassierten zuletzt paarweise nur noch mit einem kleinen Stielchen zusammenhängen, zeigt das in Fig. 7 und 8 abgebildete Bernsteinstück in besonders treffender Weise. Die erstere gibt das Bild in auffallendem Lichte. Man erkennt die vielen Grübchen, die dicht nebeneinander stehen und durch gratförmige Bildungen voneinander getrennt sind. Fig. 8 zeigt die Ausbildung bei durchfallendem Lichte. Innerhalb der einheitlich gefärbten, links liegenden Flächenpartie, welche diese Absonderungsflächen aufweist, lassen sich lichtere, kreisrunde bis polygonal umrandete Felderchen erkennen. Es sind das die vertieften Stellen der Kruste des Bernsteins, an denen ihre endgiltige Loslösung stattfand. Daß sie hier ganz zuletzt auftrat, zeigt die verhältnismäßig wenig hervortretende Bräunung auf ihnen.

Ohne rechte Beziehung zur Färbung des Materials steht das **spez. Gewicht** beim rumänischen Bernstein. Größere Stücke, in deren Vertiefungen an der Oberfläche noch erdige Substanz haftet, hatten eins von 1,09, während ein gelb

durchsichtiges, durchaus glasartiges bei 0° einen Wert von 1,064 aufwies. Ein anderes Stück, das diesem glich, aber noch eine rauchschwarze Partie enthielt, hatte nur das spez. Gew. 1,052, dann wieder ein tief granatfarbiges 1,119. Die letzten drei Stücke wurden aus der Mitte größerer gewonnen. — Auch die chemische Zusammensetzung verschiedener Rumänitproben läßt sich mit ihrer Färbung nur schwierig oder kaum in Beziehung bringen[1]).

Bei dem eigentlichen Bernstein unserer Küsten, dem Succinit, liegen die Verhältnisse klarer. Nach Berzelius bewegt sich dieser Wert zwischen 1,065 und 1,070; Helm, welchem reichliches Untersuchungsmaterial vorlag, fand, daß er zwischen 1,05 und 1,095 liege. Dabei — so betont er — sei die weiße Modifikation, der Knochen, oft so leicht, daß sie auf dem Wasser schwimmen könne[2]). Die wertvollsten Untersuchungen in dieser Richtung stammen bereits von Joh. Chr. Aycke (1835). Er fand das Eigengewicht bei den durchsichtigen Arten zwischen 1,060 und 1,085 und konnte feststellen, daß es beim Dunklerwerden zunahm; auch an dem Material, das er dem noch frischen Kerne verwitterten Bernsteins und der Kruste entnahm, fand er eine entsprechende Gesetzmäßigkeit[3]). Otto Klebs gibt schließlich die Grenzen für das spez. Gewicht am weitesten, nämlich zwischen 1,0 und 1,1[4]). Der von Aycke gefundenen Gesetzmäßigkeit entgegen, daß Succinit beim Braunwerden sein Eigengewicht erhöht, fand ich beim Erhitzen, daß es abnahm. Wie sich aus der Menge von auftretenden Sprüngen und der sich bemerkbar machenden Sprödigkeit ersehen läßt, findet hierbei eine Lockerung des Materials statt[5]).

Um diese sich teilweise widersprechenden Ergebnisse genauer zu prüfen, nahm ich eine größere Menge von zersetztem Bernstein in Bearbeitung. Es waren das drei größere Stücke, die bei durchschnittlich 2,3 cm Radius die Gestalt einer Kugel oder eines möglichst gleichachsigen Ratationsellipsoids besaßen. Es wurden mehrere Stücke gewählt, um eine verhältnismäßig große Gesamtoberfläche zu erhalten. Größere Stücke wurden verwendet, um das Abtrennen der äußeren Teile möglichst bequem ausführen und verfolgen zu können. Die Zersetzungsrisse drangen etwa 0,25 mm tief ins Innere ein. Das durch Stoßen zerkleinerte Material wurde mit Salzlösung in einen Scheidetrichter gebracht, dessen obere Mündung 15 cm betrug. Durch allmählichen Wasserzusatz und die dabei eintretende Verdünnung wurden die verschieden schweren Bernsteinstückchen nach ihrem Gewichte zum Absitzen gebracht. Eine genauere Beschreibung des sich hierbei abspielenden Vorganges und seiner vorläufigen Ergebnisse habe ich bereits gegeben[6]).

Bei dieser Trennung der verschieden stark veränderten Teile der Stücke handelt es sich um einen Prozeß, der zu gänzlich einwandfreien Ergebnissen nicht führen konnte. Die einzelnen gewonnenen Proben werden nicht, wie die einzelnen Komponenten eines Gesteins, durch bloße Kräfte der Kohäsion aneinander gehalten, sondern sie gehen direkt ineinander über. Daraus ergibt sich

---

1) 52, 70. 74. 2) 30, 4. 5. 3) 17, 67 Anm. 4) 33, 18. 5) 55, 16. 17. 6) 75, 34. 35.

andererseits, daß jeder von den auf diese Weise erhaltenen, kleinen Brocken aus verschiedenartigem Material sich aufbauen kann; Unterschiede in der Färbung an seinen einzelnen Stellen bestätigen dieses. — Da bei solcher Zerlegung des Bernsteins keine derartige in mehrere völlig verschiedene, aber je unter sich gleiche Bestandteile stattfindet, so ist es auch nicht möglich, mittelst Sieben ein einheitliches Korn bei dem Ausgangsmaterial zu erzielen. Beträgt die Länge einer Maschenseite a, so würde durch die Öffnung noch ein Würfel von der Kante a schlüpfen; ein Tetraeder könnte gerade noch hindurchgleiten, wenn eine seiner Kanten senkrecht zur Fläche der Masche in einer Maschenecke hindurchgeführt würde. Für diesen äußersten Fall betrüge seine Kantenlänge 1,171 a. Der Würfel ist der größte, das Tetraeder der kleinste reguläre Körper, die hier verglichen werden können. Das Verhältnis der Volumnia beträgt bei ihnen 1 : 0,189, das der entsprechenden Oberfläche 1 : 0,396. Zieht man andererseits in Betracht, daß prismatische Körper von quadratischem Querschnitt einerseits, flache Splitter, welche gerade noch in der Richtung der Diagonale hindurchgleiten, andererseits in dem erhaltenen Gemenge der Brocken enthalten sind, so ergibt sich, daß die Werte für die Verhältnisse nach oben und unten hin noch weitere Abweichungen bieten. Hierbei gibt das Verhältnis der Volumina die Möglichkeit für das Passieren der Maschen, das der Oberflächen dasjenige der bereits veränderten Bernsteinmengen an. Es war deshalb nur möglich, mittels Lupe und Pinzette verschiedenartig und ungewöhnlich gefärbte, sowie infiltrierte Stückchen der ursprünglichen, äußersten Kruste zu entfernen. Da es bei der oberflächlichen Bildung der dunkler gefärbten Teile durchaus unmöglich ist, in anderer Weise einwandfreies und vollständig reines, einheitliches Material zu gewinnen, so wurde mit den derart gesäuberten Stückchen die Untersuchung vorgenommen. Die Ausbeute war selbstverständlich nur gering. Für die Proben von höherem spez. Gew. beträgt sie, wenn das Gesamtvolumen der 3 Stücke zu 50,99 cm^3 angesetzt wird, nur kleine Werte, wie die hier gegebene Tabelle zeigt.

Spez. Gew.	Gewicht in g	Volumen in cm^3	Ausbeute in %
1,1736	0,701	0,597	1,17
1,1559	1,071	0,926	1,82
1,1353	1,630	1,436	2,82
1,1288	1,125	0,996	1,95

Die ausgeführte Zerkleinerung, bei der die erhaltenen Körnchen durchschnittlich einen Durchmesser von 0,25 mm hatten, gibt ferner Gelegenheit, eingehendere Prüfungen über die Höhe des spez. Gew. vorzunehmen. Sie wurde im Max. zu 1,1736 bestimmt, liegt also erheblich höher als selbst der von Otto Klebs seinerzeit angegebene höchste Wert (1,1).

Da das in verschiedene Gruppen zerlegte Bernsteinmaterial vorläufig in seiner Körnchenform gelassen wurde, konnte auch ermittelt werden, welche Änderungen

das spez. Gew. der einzelnen Proben im Laufe der Zeit erfährt. In der folgenden Tabelle sind die Werte eingetragen, die ich von demselben Material zu bestimmten Zeitpunkten erhielt.

Nummer der isolierten Probe	Dez 1900	Okt. 1901	Aug. 1905	Okt. 1912
1	1,1736	1,1633	1,0992	1,1344
2	1,1559	1,1276	1,1350	1,1437
3	1,1389	1,1174	1,1050	1,1242
4	1,1353	1,1321	1,1415	1,1438
5	1,1190	1,1080	1,1105	1,1174
6	1,1090	1,1011	1,0968	1,1147
7	1,1014	1,0880	1,0928	1,1059
8	1,0817	1,0765	1,0917	1,1058
9	1,0753	1,0699	1,0820	1,0918

Zur bequemeren Übersicht sind die erhaltenen Werte außerdem in Fig. 9 niedergelegt. Sie zeigen, daß bei der Verwitterung zwei Kräfte auf den Succinit einwirken und ihn in entgegengesetzter Weise beeinflussen. Die beginnende Bräunung sucht das spez. Gew. zu erhöhen, die Zerklüftung dagegen zu erniedrigen. Die letztere macht sich zunächst bemerkbar. Feine Risse und Spaltenbildungen schaffen hierbei die ersten feinen Hohlräume. Nach einer gewissen Zeit tritt die in dieser Weise wirkende Arbeit der Zersetzung zurück, während die Bräunung mit der durch sie bedingten Erhöhung des spez. Gewichtes in den Vordergrund tritt, freilich um mit der Zeit immer mehr und mehr zu erlahmen. Ähnliches für das langsame Nachlassen der oberflächlichen Bräunung mit der Zeit ergab sich auch bei der durch Erhitzen veranlaßten künstlichen Verwitterung (vergl. Fig. 1). Besonders bei den Proben von höherem Eigengewicht macht sich anfangs ein steiler Absturz der erhaltenen Werte bemerkbar. Wenn man bedenkt, daß die zerklüftete äußere Rinde mit ihrer Basis in erheblich frischeren Stein übergeht, klärt sich die Eigentümlichkeit leicht auf. Jedenfalls üben die Teile der Brocken, die früher bereits der Oberfläche angehörten und deshalb schon starke Schrumpfung erfahren haben, auf die Substanz der frischen Bruchflächen nach dem Abtrennen sogleich Druckwirkungen aus. Die dabei eintretenden Spannungen lösen sich unter dem Auftreten von Spalten und Rissen aus, die das Herabsinken des zuerst ermittelten Eigengewichts veranlassen. Bei der ersten Probe, wo die Spannungen naturgemäß am größten gewesen sein müssen, tritt ein Emporsteigen des Wertes auch bald wieder ein. Die nächst folgenden Kurven bilden einen Übergang zu denen, die für weniger zersetztes Material gelten. Es läßt sich erkennen, daß allmählich ihr Verlauf immer weniger auf jähe Schwankungen hinweist. Verschiedenheiten, die sich an dicht aufeinander folgenden Werten erkennen lassen, weisen darauf hin, daß bei diesen Proben die Gesamtoberfläche aller

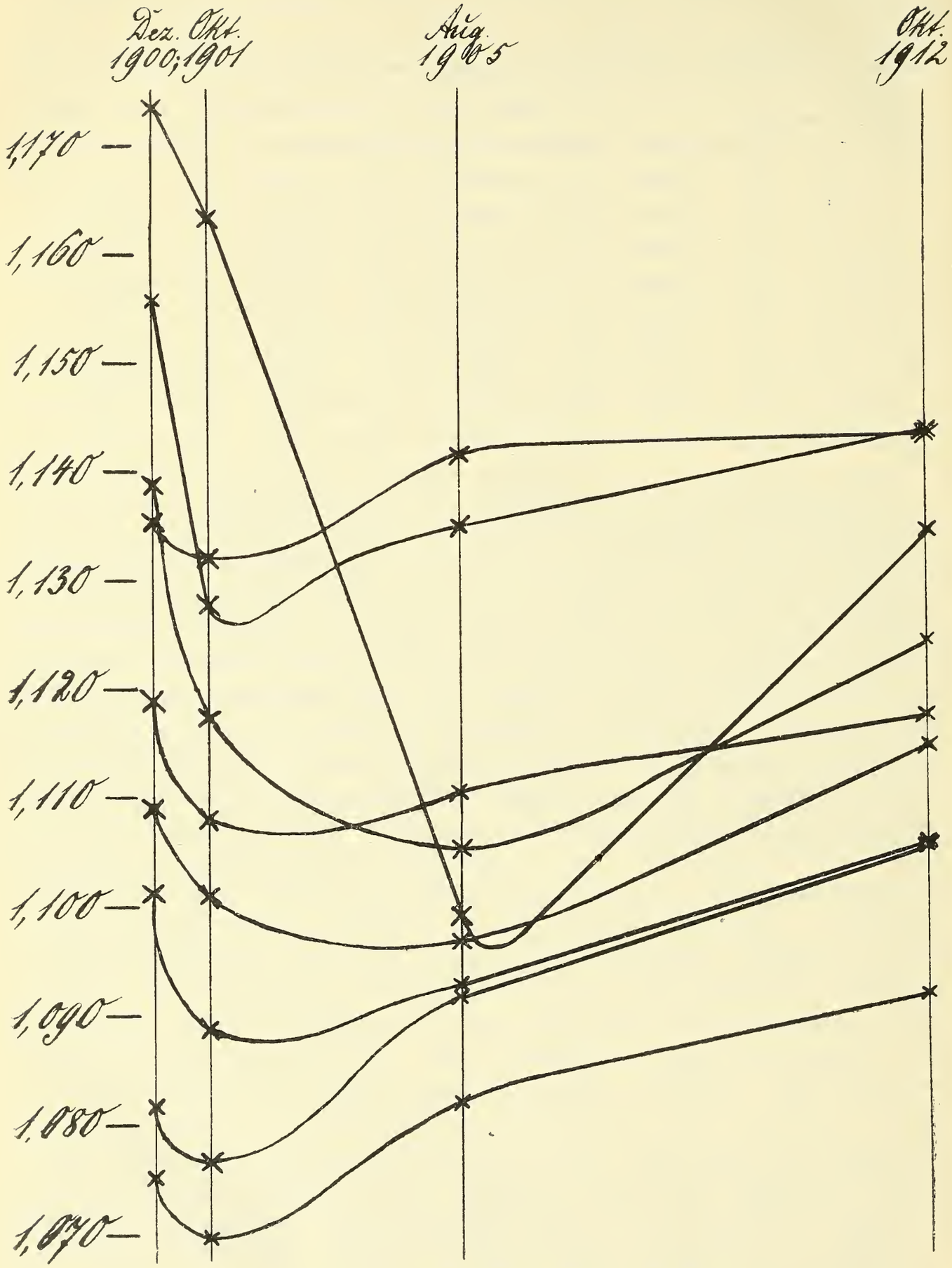


Fig. 9. Veränderung des spezifischen Gewichtes im Laufe der Zeit.

Stücken nicht immer gleich groß war. Da die Vorgänge der Zersetzung sich aber nur auf ihr abspielen und in ihrem Gesamtergebnis von ihr abhängen, ist die hier auftretende Unregelmäßigkeit zu verstehen. Aus dem Umstand, daß in allen Fällen eine Zunahme des spez. Gew. stattfindet, läßt sich ermessen, daß der von mir ermittelte höchste Wert von 1,1736 nicht der äußerste, mögliche sein wird.

Als man an die mineralische Entstehung des Bernsteins glaubte, brachte man die Verunreinigungen in ihm mit der Lagerstätte in Beziehung, auf der er entstanden war. Bereits 1590 erklärt deshalb Joh. Wigand[1]) — freilich in etwas anderem Sinne, als man es heute tun würde — weshalb einige der gegrabenen Stücke unrein seien. Das hinge von der Erdart ab, wo er ausgeläutert sei, oder auch von der Beschaffenheit der Risse und Spalten, durch die er bei seiner Entstehung fließen müsse. — Salzartige Substanzen — vorzugsweise Eisenvitriol, der ganze Stücke bedeckte und mit ihnen verwachsen zu sein scheine — seien bei der Bildung des Succinit tätig. Sie hätten dafür zu sorgen, daß das ausgeläuterte Harz unter der Erde erstarre und seine abschließende Gestaltung erhalte[2]).

Die Rötung und spätere Braunfärbung, welche der verwitternde Bernstein erfährt, ist früher auf die Einwirkung geringer Mengen von Säure und anderer in Wasser löslichen Bestandteile des Bodens zurückgeführt worden. Diese Erklärungsweise für die Entstehung der dunkeln Farbentöne ist wohl auf eine Nachwirkung jener alten unterirdischen Entstehungshypothese aufzufassen. Eine Stütze würde sie in der Tatsache finden, daß Schwefelsäure und sogar Schwefligsäure-Anhydrit bräunend auf ihn einwirken. Nach den Analysen von von Behr und Hagen enthält die Bernsteinerde 1,10 % freie Schwefelsäure, 0,82 % Kalziumsulfat und 0,72 bezw. 0,80 % Ferrosulfat[3]). Die erstere würde ohne weiteres mit ihrer Wirkung einsetzen können, für die letzteren dagegen wäre noch ein Zwischenprozeß anzunehmen. Da neben dem Bernstein auf seiner Lagerstätte Holzstücke vorkommen, müßten sie zuerst eine Reduktion erfahren. Bei der äußerst geringen Menge von Sauerstoff, die in der „Blauen Erde" auftritt und sich in der vortrefflichen Erhaltungsart des in ihr vorkommenden Bernsteins erkennen läßt, könnte solch chemischer Prozeß ungehindert verlaufen. Schwefelkies, der als Markasit mehr oder weniger reichlich in der ganzen Tertiärformation auftritt, findet sich deshalb auch häufig als Begleiter des Succinit[4]). Die Verwitterung dieses Sulfits setzte erst ein, als der Bernstein auf eine andere Lagerstätte aus durchlässigem Material gelangte, auf der entweder Luft oder lufthaltiges Wasser ihn leicht erreichen konnten. Dabei wurde Schwefelsäure frei.

Mit der Verwitterung trat dann aber gleichzeitig auch das Dunkelwerden des Harzes ein. Wieweit die fossilen Pflanzenreste auf das Kalziumsulfat einwirkten, ist nicht so leicht ersichtlich; vielleicht wirkten sie reduzierend, wobei das Sulfit alsbald mit der Säure des Bodens Schwefelwasserstoff entweichen

[1]) 3, 13a. [2]) 6, 12. [3]) 25, 11. 19; 13, 113. 114; 22, 12. [4]) 46.

ließ. Diese Erklärungsweise für den Schwefelgehalt des Bernsteins, der erst nach dem Ausfluß des Balsams an den Nadelbäumen zu ihm hinzukam, bietet aber erhebliche Schwierigkeiten, vor allem die, daß der Gehalt hieran bei dem frischesten Material in der „Blauen Erde" am größten ist und bei der Verwitterung immer mehr und mehr schwindet. Es muß daher auf dieser bereits das Hinzutreten von Schwefel stattgehabt und ein Ende gefunden haben. Der reiche Gehalt an diesem Element in begleitenden Verbindungen verschiedener Art und die Möglichkeit einer gewissen Umsetzungsfähigkeit mit dem noch frischen Material scheinen diese Annahme zu stützen.

Es zeigt sich freilich, daß auch in der Natur Schwefelsäure auf Bernstein einwirkt. Besonders wo Markasit ihm anhaftet oder in seinen Vertiefungen abgesetzt wurde, treten chemische Umsetzungen ein. Bei seiner leichten Zersetzbarkeit wirkt er mit der freiwerdenden Schwefelsäure stark auf den Bernstein ein, ätzt ihn kräftig unter Braunfärbung und läßt ein krümliches Produkt hervorgehen. Ein ähnliches bildet sich bei der normalen Verwitterung des Succinit aber nicht. Immerhin bleiben für das Eintreten von **Schwefel** in ihn bisher zwei Annahmen bestehen. Die erstere geht von Schwefelsäure, die andere von Schwefelwasserstoff aus. — Die erstere, die gelegentlich auch wohl mit einer Reduktion schwefelsaurer Salze im Innern des Harzes identifiziert wird, muß zurückgewiesen werden. Die starke Einwirkung der Säure selbst findet wohl kaum statt, jedenfalls weist bei der vorzüglichen Erhaltung des fossilen Harzes nichts darauf hin; ebensowenig ist zu vermuten, daß eingeschlossene Sulfate im Inneren zu Sulfiden reduziert seien, und daß sie dann unter unbekannten Umsetzungen ihren Schwefelgehalt an den Succinit abgegeben hätten. Bei der Annahme, daß Schwefelwasserstoff hierbei tätig war, der seinen Schwefelgehalt gegen eine entsprechende Menge Sauerstoff abgebe, liegt die Beantwortung einfacher. Durch die Arbeit von diesem Reagenz oder von Sulfiden, die es vielleicht unter Mithilfe von Säuren erst abspalteten[1]), würde dann bedingt sein, daß die äußeren Teile der Stücke, die ihr länger als die inneren ausgesetzt waren, auch reicher an Schwefel seien.

In sizilianischem Bernstein scheint diese Annahme bestätigt. Während die hellgefärbten Stücke 0,52 % und die dunkelroten 0,67 % von ihm enthalten, weist der schwarze sogar 2,46 % auf[2]). Leider stammen die untersuchten Proben nicht von einem einzigen Stücke her. Nach Gr. Stefanesco besitzt rumänischer Bernstein aus dem Distrikt Buzeu, der dort in aschgrauem, sandigen Ton im Niveau der schwefelhaltigen Lager auftritt, an vielen Fundstellen eine rotgelbe und bläulichschwarze Färbung[3]). Man könnte auf den ersten Blick also vermuten, daß hier der Schwefelgehalt die tieferen Farbentöne hervorgerufen hätte. Dagegen zeigen andere Analysen, daß schwarze Stücke erheblich weniger von ihm enthalten wie gelbe bis rötlichbraune oder schwärzlich gelbe; auch sein Aschegehalt ist nicht wesentlich von dem der anderen Stücke verschieden und stellt fast genau deren arithmetisches Mittel

1) 31, 6. 7. 2) 34, 294; 35, 8. 3) 52, 68. 69; 72, 20.

dar[1]), dagegen besitzt eine schwärzlich gelbe Probe mit grünen Reflexen[2]) einen noch höheren Gehalt an Kohlenstoff, sehr viel Schwefel und verhältnismäßig wenig Asche. Andererseits enthält dann wieder ein gelber Rumänit, der durchsichtig, stellenweise durchscheinend ist, und in Tekir-Ghiol am Schwarzen Meer gefunden wurde, sehr viel Schwefel und sehr wenig Asche[3]). Die Verhältnisse liegen hier also so verwickelt, daß sie nicht ohne weiteres durchsichtig sind. — Gemeinsam an beiden ausländischen Bernsteinarten — dem Succinit und dem Simetit — ist im allgemeinen der Umstand, daß mit dem Tieferwerden der Färbung auch der Gehalt an Kohlenstoff wächst. Andere Übereinstimmungen oder Gesetzmäßigkeiten lassen sich in dieser Richtung nicht wahrnehmen. Weder ungesättigte 2- oder 4 wertige Valenzen von Schwefel, noch Keto- oder Thioketogruppen können hier zur Erklärung für das Auftreten der dunkleren Töne herangezogen werden[4]). Am meisten erinnert das Auftreten dieser beiden tieferen Tönungen an das beim Erhitzen von Ölen, z. B. von Leinöl. Die schwach gelbliche Farbe geht hier allmählich über Gelb, Rot und Braun ins Schwärzliche über, ohne daß der geringe Gehalt an Schwefel hier eine bedeutendere Rolle spielte. Es entstehen durch gegenseitige Verkettung wahrscheinlich Komplexe, welche die Farbenänderung hervorrufen. Ähnliches wäre bei der Verwitterung anzunehmen, bei welcher die einsetzende Oxydation zu derartigen oder ähnlichen, inneren, chemischen Vorgängen die Veranlassung gibt.

Helm und Oster geben den Gehalt an Schwefel im Succinit zu 0 26 % bis 0,42 %, je nach Sorte und Farbe an. Ein gelblichweißes, klares Stück besaß den geringen von 0,26 %[5]). R. Klebs ermittelte in klarem, schwach flohmigem Stein bei 0,19 % Asche 0,42 % Schwefel[6]), während nach Helm vollständig knochenfarbiger Bernstein nur 0,34 % besaß. Beim Baltischen Bernstein zeigt sich also nicht die Gesetzmäßigkeit, daß die Färbung mit Zunahme des Schwefelgehaltes tiefer wird; sie wird vielmehr heller. Das ergeben die Proben von dem gleichen, hellen, äußerlich bereits verwitterten Stück, die bereits erwähnt wurden; ferner eine Untersuchung von Bernsteinknochen, der frisch 0,34 %, in der bereits veränderten Kruste dagegen nur 0,27 % enthielt[7]). Bei der Verwitterung scheint sich der Schwefel im Bernstein teilweise zu Schwefelsäure zu oxydieren und in dieser Form aus dem Verbande auszutreten. Mittels chemischer Reaktionen ist diese in der Verwitterungsschicht des gewöhnlichen Bernsteins und seiner Abarten leicht nachzuweisen[8]).

Erwärmt man Succinit, so spielen sich Vorgänge ab, die denen unter gleichen Verhältnissen am Kolophonium beobachteten ähnlich sein dürften. Von diesem wissen wir, daß er sich in einer Atmosphäre von H, CH_4, CO nicht dunkler färbt, dagegen in Cl, SO_2, H_2S dunkelgelbe bis orangegelbe Töne annimmt. Auch in N und CO_2 erhitzt, machen sich diese an den Proben bemerkbar, aber nur, wenn sie vordem in der Kälte Luft bzw. Sauerstoff absorbierten[9]).

---

[1]) **52**, 74. [2]) **56**, 58. [3]) **67**, 651. 652. [4]) **74**, 293; **62**, 467. [5]) **31**, 4. [6]) **57**, 8. [7]) **31**, 4. [8]) **31**, 5 [9]) **71**, 31. 33.

Das Austreten von Schwefelsäure beim Verwittern, andererseits die Möglichkeit, Verwitterungs-artige Erscheinungen durch Schwefelsäure, ja sogar nur durch SO_2, herbeizuführen, macht es leicht verständlich, wenn man das Vorhandensein von Schwefel im Bernstein für notwendig hielt und hält, um ihm seine charakteristischen und wertvollen Eigenschaften zu verleihen. Interessant ist in dieser Hinsicht der „mürbe“ oder „unreife“ Bernstein, den HELM Gedanit benannte. Er besitzt eine weingelbe Farbe, auch wenn er keinen Schwefel enthält. Es dürfte das endgiltig genügen, um die alleinige Wirksamkeit dieses Elementes bei der Färbung des Bernsteins sehr stark in Frage zu stellen oder gar zu erledigen. Diese Bernsteinart schließt sich einerseits an die Kopale, andererseits an Succinit eng an. Dementsprechend ist sie je nach den untersuchten Stücken frei von Schwefel (E. AWENG). oder sie enthält ihn: OTTO HELM fand in ihm 0,26 %, RICHARD KLEBS 0,11 %; ich fand in verschiedenen Stücken verschieden große Mengen. Vielleicht in Anlehnung an die volkstümlichen Bezeichnungen sprach E. AWENG die Vermutung aus, daß die nicht unansehnlichen Stücke, in denen er vorkommt, sich vulkanisieren und so in verwendbaren Bernstein überführen lassen könnten. Diese Methode ist wohl noch nicht versucht; andererseits gibt es aber eine Reihe von anderen, die heute auf eine Imitation aus gehärtetem Kopal hinzielen. Diese haben teilweise recht bemerkenswerte Resultate erzielt und enthalten doch nur 0 bis 0,06 % Schwefel[1]).

Ebenso schwankend wie die Angaben über den Gehalt an diesem sind jene über den Aschegehalt. KLEBS fand 0,19 %, HELM 0,08 bis 0,12 %, OSTER an einem durchsichtigen Stück sogar 0 %. Bei den Wanderungen, die der Bernstein von seiner ersten Lagerstätte aus vielfach unternehmen mußte, und der verschiedenartigen Beschaffenheit seiner späteren Fundstellen ist das erklärlich. Leider ist bei den sonst so wertvollen Ergebnissen der HELMschen Untersuchungen niemals das spez. Gew. angegeben, so daß sie sich für andere Zwecke nicht weiter verwerten lassen. Ich versuchte die Änderung im Gehalt von Schwefel und Asche an ein und demselben Stücke zu verfolgen und benutzte dazu das Material, daß ich mittels einer spezifisch schwereren Kochsalzlösung nacheinander aus zerkleinertem Bernstein gewonnen hatte. Im Kern, wo es fast unverändert war, hatte es eine nur zart-gelbe Färbung; es war fast wasserklar. Leider reichte es nicht in allen Fällen aus, um durchgehends die Bestimmungen durchzuführen. In seinen Farbentönen bewegte es sich von fast Wasserklar bis Tiefbraun. Der Schwefelgehalt wurde mittels rauchender Salpetersäure in Schwefelsäure übergeführt und als Bariumsulfat bestimmt. Hervorgehoben zu werden verdient, daß der ermittelte Gehalt in allen Fällen unter dem sonst gefunden liegt. Der an Asche liegt zuerst innerhalb der ermittelten Grenzen, geht dann aber bedeutend darüber hinaus, um dann immer mehr und mehr abzunehmen. Die folgende Tabelle zeigt genaueres über die erhaltenen Werte,

[1]) 85, 195.

diese sind geordnet nach der letzten Bestimmung des spez. Gew. (Oktober 1912) der verwendeten Proben.

Nr.	spez. Gewicht	Schwefel	Asche
3	1,1438	0,071	0,08
2	1,1437	*	*
4	1,1346	0,114	0,43
1	1,1344	*	0,49
5	1,1242	*	*
6	1,1174	*	0,19
7	1,1147	0,044	0,13
8	1,1059	0,059	0,13
9	1,1058	*	0,14
10	1,0918	0,029	0,03

Der besseren Übersicht wegen sind die gewonnenen Resultate nochmals in einem graphischen Bilde (Fig. 10) niedergelegt. In beiden Kurven zeigt sich

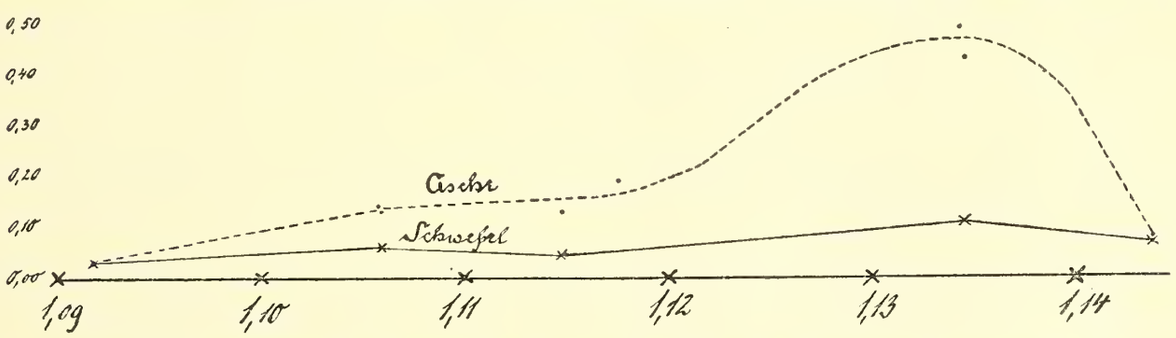


Fig. 10. Veränderung des Gehaltes an Schwefel und Asche im Laufe der Verwitterung.

der Hauptsache nach zuerst ein Aufsteigen, dann ein Abfall, wobei die beiden Maxima sich übereinander türmen, also wohl gleichzeitig auftreten. Wie sich hieraus ergibt, wird die Zunahme an Schwefel zuerst durch die Einlagerung von Sulfaten in Risse oder Sprünge bzw. Poren veranlaßt. Diese Verbindungen konnten bei der Reinigung des Materials nicht entfernt werden, ohne daß es zerstört wurde. Mit der schließlich auftretenden Aufblätterung der Stücke, vielleicht unter Beihilfe des bei der einsetzenden Verwitterung entstehenden Kohlendioxyds, werden diese Verunreinigungen teilweise entfernt, und der Gehalt an Asche und Schwefel sinkt schnell abwärts. Leider ist nicht genau zu ermessen, wieweit die Zunahme an Schwefelgehalt bei anderen analysierten Bernsteinen ebenfalls mit einem erhöhten Aschengehalt in Verbindung zu bringen ist. Ein stark verwittertes, erdiges Succinitstück besaß — wie bereits erwähnt — sogar 23,124 % Asche und 2,903 % Schwefel.

Die Asche des Bernsteins enthält Kalziumoxyd, Eisenoxyd, Kiesel- und Schwefelsäure. Die Verunreinigungen werden also im wesentlichen aus Kalzium-

* Das Material reichte nicht aus, um von allen Proben die Bestimmung auszuführen.

karbonat und Gips bestehen — besonders da der Gehalt an Eisenoxyd meist sehr klein ist — sowie in verschwindender Menge aus Kieselsäure selbst oder ihren Verbindungen. Während das erste beim Reinigen des Materials mit verdünnter Salzsäure der Hauptmasse nach entfernt werden kann, bleibt Gips zurück und gibt zu der Annahme Veranlassung, daß Schwefel in organischer Bindung im Bernstein vorliege. Die trockene Destillation, bei der das Sulfat reduziert wird und seinen Schwefelgehalt dann an die gleichzeitig entstehenden organischen Verbindungen in der Hitze abgibt, scheint die Annahme zu bestätigen.

Wie man weiß, ist der Schwefel an das Succinin gebunden und mit ihm gleichzeitig wohl auch die Asche. Die geringen Mengen, in denen diese vorkommt, haben zu einer derartigen Feststellung bisher noch nicht Gelegenheit geboten. Es war deshalb angezeigt, eine Prüfung zu dem Ziele vorzunehmen, ob vielleicht der Gehalt an Asche und Schwefel durch Erhitzen gesteigert werden kann. Die Alkohol-löslichen und leichter schmelzbaren Bestandteile des Bernsteins könnten, im Gegensatz zum Succinin, verhältnismäßig rasch ver-

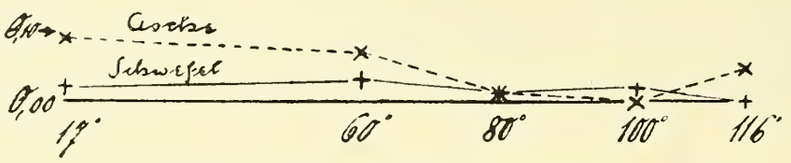


Fig. 11. Veränderung des Schwefel- und Aschegehalts mit der Temperaturzunahme.

schwinden und so indirekt eine Steigerung des Gehaltes an jenen beiden Bestandteilen herbeiführen.

Wie Färbungsversuche mit Mineralsalzen, die ich anstellte, ergaben, dringen diese auch bei gewöhnlicher Temperatur bis zu einer gewissen Tiefe in den Bernstein ein. Die Entscheidung, ob es sich um eine bloße Infiltration oder eine Adsorption in weiterem Sinne handelt, steht noch aus. Jedenfalls erschien es mir nach dem eigenartigen Ergebnis an der natürlichen Verwitterungsrinde von Bedeutung, auch diesen chemischen Prozeß an Stücken zu studieren, die mit der Erde und deren Agentien nicht in Berührung gekommen waren. Die Beschaffung des dazu notwendigen Materials stieß freilich auf Schwierigkeiten. Geschliffene Stücke mit starker Kruste, die diesem Zwecke dienen konnten, waren nicht vorhanden. So wurde möglichst klarer Bernstein dadurch künstlich verändert, daß er erhitzt wurde. Im Vergleich mit dem Ausgangsmaterial wurden 4 Proben von ihm je 4 Stunden auf 60°, 80°, 100° und 115,7°, in Gläschen eingeschlossen, erwärmt. Die lichtgelbe Farbe[1]) veränderte sich zwischen 60° bis 100° je nach der angewandten Temperatur in Rötlichgelb bis Gelbrot, bei 115,67° in Dunkelbraun. Nach Ablauf dieser Zeit wurde das spez. Gew., sowie der Gehalt an Schwefel und Asche bei etwa je 3 g Substanz bestimmt. Die folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Ergebnisse:

[1]) Die Bernsteinmasse war fast wasserklar, entsprechend dem Ausgangsmaterial in der vorigen Versuchsreihe.

Temperatur	Spez. Gew.	Gewichts-Verlust in %	Schwefel	Asche
ca. 17°	1,0859	0	0,018	0,088
60°	1,1018	0,239	0,028	0,073
80°	1,0661	0,865	0,007	0,011
100°	1,1537	0,307	0,015	Spuren
116°	1,0915	3,053	Spuren	0,047

Zwischen etwa 60° und 100° C ist der Gewichtsverlust nur gering. Der Umstand, daß gerade bei dieser Temperatur ein Aufblähen und Bläschenbilden bei der weichwerdenden Substanz eintritt, das Volumen sich also plötzlich vergrößert, gibt die Erklärung dafür. Im Zusammenhang damit steht auch, daß der Gehalt an Asche und Schwefel hier nur äußerst kleine Werte hat. Der Schwefelgehalt bei dem auf 116° erhitzten Stück ist 0. Mit Bleipapier läßt sich nachweisen, daß er während dieses Erhitzens in der Form von H_2S entweicht; gleichzeitig hatten sich im oberen Teile des Gefäßes ölige Tröpfchen und Nädelchen von Bernsteinsäure abgesetzt. Bei allen Proben, besonders aber bei denen, die eine stärkere Temperaturerhöhung erfahren hatten, trat während des Lösens in rauchender Salpetersäure ein eigenartiges Knistern und Knacken auf. Der alkohollösliche Teil des Bernsteins war beim Erhitzen hervorgetreten und hatte die Stückchen inkrustiert. Beim Ablösen dieser Hülle durch die Säure machten sich daher Erscheinungen wie an geritzten Glastränen bemerkbar. — Die Schwankungen in den Versuchsreihen liegen innerhalb der natürlichen Fehlergrenzen. Die erhaltenen Werte stimmen bis auf die von

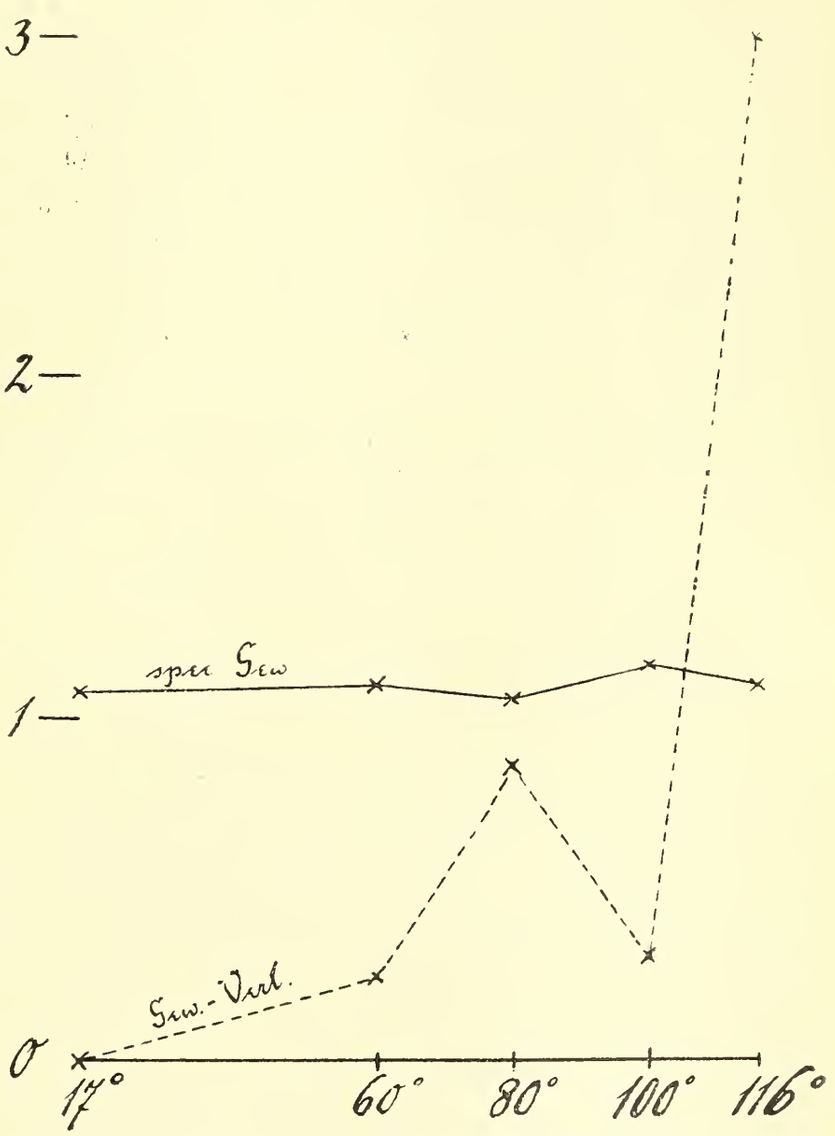


Fig. 12. Beziehung zwischen spez. Gewicht und Gewichtsverlust beim Erhitzen von Bernstein.

80° und 100° C gut überein; diese Abweichungen sind wahrscheinlich durch das bereits erwähnte, eigentümliche Verhalten des Succinit bei diesen Temperaturen zu erklären. Im übrigen zeigt der Gehalt an Schwefel und Asche bei diesen künstlichen Verwitterungsvorgängen keine wesentliche Veränderung — abgesehen davon, daß der erstere bei der stärksten Erwärmung entweicht. Jedenfalls tritt ein Anwachsen dieser Werte nicht ein — wie bei der natürlichen Verwitterung des Succinits. Es ist deshalb anzunehmen, daß bei der Verwitterung des Bernsteins der etwa vorhandene Schwefelgehalt seines Harzes selbst keine weitere Zunahme erfährt. Durch Infiltrationen erhöht er sich scheinbar im Laufe der Zeit, um schließlich beim gänzlichen Zerfall der Stücke mit den Oxydationsprodukten zu entweichen. Fig. 11 bringt die gewonnenen Zahlenwerte in graphischer Darstellung.

Interessant ist es, auf die Beziehung von spez. Gew. und Gewichtsverlust durch Erwärmen bei diesen letzten Versuchen einen Blick zu werfen. Wie das graphische Bild Fig. 12 ergibt, stehen sie in ganz bestimmter Beziehung. Übersichtlicher werden die Werte noch, wenn man das spez. Gew. mit dem erhalten gebliebenen Gewichte vergleicht.

Spez. Gew.	Erhalten geblieben. Gew.	Quotient
1,0859	100	0,0108
1,1018	99,761	0,0110
1,0661	99,135	0,0108
1,1537	99,693	0,0116
1,0915	96,947	0,0113

Wie die vorliegenden Werte zeigen, ist der aus ihnen ermittelte Quotient fast konstant; er schwankt zwischen 0,0108 und 0,0116, d. h. um 0,0008.

Einen äußerst wichtigen Bestandteil des Bernsteins, der für seine genauere Erkenntnis und seine ethnologische Bedeutung von bedeutendem Werte ist, stellt die **Bernsteinsäure** dar. Nach Klebs[1]) beträgt ihr Gehalt als Anhydrit 3,2 bis 8,2 %. Dabei geben die klaren und reinen Sorten 3,2 bis 4,5 %, die rohen und unansehnlichen Sorten 4 bis 6,2 %, die durch Verwitterung entstandene Schicht bei gegrabenem Stein sogar 8,2 %; für den weißen Bernsteinknochen wurde der Wert 5,5 bis 7,8 % gefunden. Nach Awengs Untersuchungen befindet sich diese Säure in dem Anteil des Succinit, der in Alkohol unlöslich ist und nach Berzelius als Succinin bezeichnet wird. Dieser ist ausschließlich aus dem Bernsteinsäureester eines Harzalkohols, des Succinoresinols, gebildet; sein Bestand an Bernsteinsäure beträgt 7,8 %[2]). Da der untersuchte Bernstein 70 % Succinin aufweist, enthält er selbst 5,5 % von ihr. Bei der Verwitterung des Bernsteins findet mit dem Einsetzen der Bräunung ein

[1]) 30, 11. 12. [2]) 48, 8. 9. 27.

Anwachsen dieser Säure statt. Aus ihrem Gesamtgehalte könnte man unter gleichen Bedingungen ermitteln, wie groß der zugehörige Gehalt an Succinin ist — d. h. wenn man nur in diesem das vollkommen ausgereifte Bernsteinmaterial sehen kann — wieweit also die einer gewissen Vollendung zustrebende Fossilisation fortgeschritten ist. Hier läge dann in gewisser Hinsicht der eigentümliche Fall, daß der Succinit bereits dem Zerfall entgegengeht, während er auf der andern Seite mit seiner vollkommenen Ausbildung abgeschlossen hat. Es wird deshalb der weiteren Zunahme an Bernsteinsäure damit ein Ziel gesetzt, daß ihre Menge, die bisher mit dem Fortschreiten der Verwitterung anwuchs, plötzlich abzunehmen beginnt. Was Helm mit Hilfe von analytischen Methoden in dieser Hinsicht zahlengemäß festzulegen vermochte, bemerkte bereits Aycke, als er Krusten von verwittertem Bernstein erhitzte und verbrannte. Der Duft, den sie dabei aussandten, erschien ihm süß und milde im Verhältnis zu dem stechenden von jungem und frischem Material[1]).

Diese ungewöhnlichen Resultate lassen sich freilich erwarten. Die Säure, welche bei vielen Oxydationsvergängen entsteht, zerfällt und verschwindet, wenn diese in stärkerem Maße zur Wirkung kommen. Da sie selbst etwa in 20 Teilen Wasser löslich ist, wird sie dort fortgeführt, wo sie durch irgend welche Agentien aus ihrer Verbindung frei wird. Außerdem macht sich hier der Umstand bemerkbar, daß der Bernstein bei seiner Verwitterung aufblättert und porös wird. In diesem Zustande bietet er eine vorzügliche Gelegenheit für allerlei Infiltrationen zum Absitzen. Ein derart verändertes Stück enthielt, wie bereits erwähnt, über 23 % Asche und zwar natürlich nach dem Glühen, wobei doch sicher verschiedene Bestandteile der Gastkörper entwichen. Wenn die eigentliche Substanz des Bernsteins aber eine Beimengung in solchem Maße erhält, wird ihr Gehalt an Säure als nur verhältnismäßig niedrig ermittelt werden. Jedenfalls sind die Bestimmungen nach dieser Richtung durchaus unsicher und deshalb wertlos. Darum versagt auch der Zahlenwert bei Bestimmungen, die dartun sollen, ob gegrabener Bernstein baltischen oder anderen Ursprungs sei. Wo der verhältnismäßig hohe Bernsteinsäuregehalt von 3—8 % nicht anzutreffen ist und deshalb auch nicht ohne weiteres angegeben werden kann, ob unzweideutig Succinit vorliegt, gibt der hohe Gehalt von Asche einen Hinweis. Wo Bernstein aus porösem Material starke Veränderungen im Erdboden erwarten läßt, ist es nicht ausgeschlossen, daß er tiefgehend zersetzt wurde. Besonders bei Perlen und sonstigen Beigaben in Gräbern, wo ein langes Lagern im Boden und eine nur geringe Größe der Stücke gemeinsam an der völligen Zerstörung arbeiten, ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Wie bei der Verwitterung der Gehalt an Schwefel erst zu- und dann abnimmt, scheinen die Verhältnisse auch hier zu liegen. Eine Kurve, welche die entsprechenden Mengen Bernsteinsäure beim Verwittern von Succinit zum Ausdruck brächte, müßte erst langsam ansteigen, um dann rasch abzufallen.

[1]) 17, 81.

Der Umstand, daß fast alle am Ostseestrande des Samlandes aufgefundenen Hölzer, Koniferenzapfen und Braunkohlen, eine gewisse Menge Bernsteinsäure enthalten, ebenso wie Holzstücke, die auf anderen Fundorten des Bernsteins gesammelt sind, ist für ihr häufiges Vorkommen in fossilen Resten bezeichnend. Ferner findet sie sich im Pflanzenreiche recht häufig von den Algen aufwärts bis zu den Dikotylen und bei diesen in den verschiedenartigsten Gebilden, in der Rinde, in Blattgebilden, Ranken, Früchten und Samen. Ausführlichere Angaben über ihr ausgebreitetes Vorkommen machte ich bereits a. a. O.[1]).

Nun sind Enzyme, auf deren Wirkung man einen großen Teil der chemischen Arbeit der Zelle zurückführt, nicht nur im Zellinhalt tätig sondern auch innerhalb der pflanzlichen Membran. Hier ist ihr Sitz in einer Schicht, die mit dem Plasma nicht in direkter Verbindung steht. Jedenfalls sind es nach A. Tschirch gerade die Enzyme in der resinogenen Schicht, einer eigenartig ausgebildeten Schleimmenbran in den schizogenen Sekretbehältern des Interzellularraums, die solche gewaltigen Sekretergüsse ermöglichen. Conwentz sieht in diesen reichen Ausflüssen pathologische Erscheinungen und bezeichnet die Krankheit der Bernsteinbäume als Succinosis. — Die resinogene Schicht steht in nächster Verwandtschaft zu den Interzellularschleimen[2]), wobei wieder interessant ist, daß auch in der Algengattung *Spirogyra* Bernsteinsäure angetroffen ist.

Die nach verschiedenen Ländern oder Verbreitungsbezirken versuchte Einteilung von Bernstein, bei der man in dem Gehalt an Bernsteinsäure eine Handhabe zu besitzen meinte, mußte fallen gelassen werden, als man die weitgehende Verbreitung dieser Säure im rezenten und fossilen Pflanzenkörper erkannt hatte. Störend machte sich außerdem bemerkbar, daß einige Forscher sie im Material gleicher Herkunft nachweisen konnten, andere dagegen nicht, und daß an manchen Harzen — wie dem rumänischen und dem galizischen — eine Zweiteilung vorgenommen werden mußte, je nachdem das Material reich an Bernsteinsäure, beziehungsweise arm oder ohne sie war. Die Ergebnisse von Untersuchungen auf ihr Vorhandensein in größerer oder geringerer Menge zu stützen, ist also nicht ratsam, zum wenigsten sehr gewagt. Wo sorgfältige Arbeiten vorgenommen werden, muß deshalb zuerst auch ein zuverlässiges Vergleichsmaterial beschafft werden. Als daher R. Klebs den kanadischen Bernstein „Cedarit" genau untersuchen und charakterisieren wollte, mußte er gleichzeitig eine Zusammenstellung verschiedener, ähnlicher Vergleichsmaterialien von entsprechender Färbung, Tönung und Ausbildung in genau der gleichen Weise prüfen[3]).

Die einzelnen Bernsteinarten unterscheiden sich nicht scharf voneinander, überall zeigen sich Übergänge von der einen zur anderen. So hat der „mürbe" oder „unreife" Bernstein der Arbeiter, der Gedanit Helms, nach Aweng höchst wahrscheinlich dieselbe Zusammensetzung und denselben Ursprung wie Succinit[4]). Was ihn von diesem unterscheidet, ist der geringe Gehalt, gelegentlich sogar der Mangel an Bernsteinsäure. Da diese Harzart sich andererseits in ihren

[1]) 77, 13—16. [2]) 79, 87—90. [3]) 57, 7. [4]) 48, 29.

Eigentümlichkeiten wie Kopal verhält[1]), kann man wohl verstehen, wenn Franz Spiller in Wien aus Zansibar-Kopal durch Behandlung mit Bernsteinsäure ein an Succinit erinnerndes Material hergestellt hat. Wie angegeben wird, beruht das Verfahren auf der Annahme, daß die geringere Härte der Kopale durch den höheren Gehalt an öligen Anteilen bedingt sei; tatsächlich sollen auch Benzoesäure und ähnliche Verbindungen statt der Bernsteinsäure verwendet werden. Die hierbei gewonnenen Erzeugnisse gleichen äußerlich zum Teil den feinsten Bernsteinmarken; zur Bereitung von Schmuckwaren werden sie schon benutzt[2]).

Der Umstand, daß Ducommun[3]) bei seinen Studien über das Harz von *Pinus silvestris* L. in dem Kolophonium des Stammes Pimarsäure, in dem der Wurzel dagegen Abietinsäure fand, gibt zu verschiedenen Vermutungen Veranlassung. Diese werden durch die Tatsache verstärkt, daß das Terpentin unserer Fichte *Pinus excelsa* Link, mit Wasser destilliert, und Kanadabalsam bei trockener Destillation Bernsteinsäure liefern. Auch bei einer anderen Reihe von Harzstoffen sind derartige Versuche angestellt worden; freilich, wie die Ergebnisse zeigen, mit wechselndem Erfolg. In Verfolgung dieser Arbeiten tauchte die Frage auf, ob die Bernsteinsäure bereits in den Terpentinen oder im Balsam als Ester vorhanden sei oder wie Essig- und Ameisensäure erst während der Destillation gebildet werde[4]). Wegen der geringen Ausbeute konnte sie nicht beantwortet werden, und doch wäre das für die Kenntnis für ihr Vorkommen im Bernstein von hohem Wert gewesen. Da sie beim Schmelzen verschiedener organischer Körper entsteht, wäre der letztere Fall wohl denkbar. Tschirch neigt der Auffassung zu, daß sie im Succinit erst während seines Jahrtausende langen Lagerns in der Erde abgespalten wurde[5]). Hier beginnt das Reich der Vermutungen, und deshalb sei an dieser Stelle jener eigentümlichen Auffassung von Aycke gedacht, daß Bernstein beim Ruhen in der Erde eine Umwandlung seiner „vegetabilischen" Säure in die des Bernsteins erfahren hätte[6]). Den Erreger dazu sieht er in dem Vitriolgehalt vieler seiner Lagerstätten. Wieweit dieser direkt chemisch einwirken oder nur als Kontaktkörper dienen könnte, weiß er nach dem damaligen Stande der Wissenschaft freilich nicht zu sagen.

Im Gegensatz zu den neueren Auffassungen bestimmte Otto Helm bei seinen späteren Arbeiten den Gehalt an Bernsteinsäure auf nassem Wege; auf trockenem durch Destillation deshalb nicht, weil bei der Sublimation „leicht Teile verflüchtigt werden oder auf andere Weise der Bestimmung entgehen können"[7]). Leider gibt er nicht an, ob er Undichtigkeiten bei seiner Apparatur oder ein Aufspalten der vorhandenen Bernsteinsäure beim Erhitzen befürchtet. Er digeriert deshalb das fein gepulverte Material mit einer Lösung von Kali- bezw. Natronhydrat in Alkohol, und ähnlich verfahren Aweng und Klebs bei

[1]) 17, 70. [2]) 85, 193. 194. [3]) Étude sur les acides cristalisables des Abiétinées. These, Berne 1885. [4]) 77, 16. 17. [5]) 79, 55. [6]) 17, 33. [7]) 30, 10.

ihren Bestimmungen. Ob man auf diesem Wege zu „verwendbareren", um nicht zu sagen „besseren" Resultaten gelangt, wage ich nicht zu entscheiden. Nachdem aber durch Sellin und Aweng nachgewiesen wurde, daß in der Kalischmelze auch Succinoabietinsäure ebenso wie Abietinsäure [1]) in Bernsteinsäure übergeführt werden, müssen sich hier doch Bedenken erheben. Es steht das Ergebnis noch aus, ob nicht bereits die alkoholischen Lösungen der Hydrate bei längerem Digerieren die Autoxydation der im Bernstein vorgebildeten Säuren bereits veranlassen. Dann wäre die bessere Ausbeute bei diesem Verfahren auf eine Erhöhung des tatsächlichen Gehaltes zurückzuführen. Durch zweckentsprechendes Vorgehen ließe sich dann sogar ein Maximum des Bernsteingehaltes erzielen. Diese Auffassung wird durchsichtiger, wenn man vergleicht, wie die einzelnen Methoden der Bernsteinsäureerzeugung sich bei weiterer Einwirkung verhalten. Bei Fäulnis, Gährungen und verwandten Erscheinungen entsteht die Säure zuerst, bei weiterer Einwirkung von Fermenten findet ihr Abbau statt; ähnliches zeigt sich bei Vorgängen im Organismus, entsprechend der Tatsache, daß hier eine Reihe von Engymen tätig ist, die sich in ihrer Wirkungsweise gegenseitig aufheben. Beim Sehmelzen organischer Körper für sich allein und ebenso beim Schmelzen mit Kalilauge steigt der Gehalt zuerst, um dann wieder abzunehmen, entsprechendes zeigt sich auch bei Oxydationsmethoden mittels Salpetersäure und Kaliumpermanganat. Falls daher auf die Bestimmung des Gehaltes an Bernsteinsäure weiter ein so großer Wert gelegt werden soll, wie es in vielen Fällen bisher geschah, ist zuerst für die Ausarbeitung und allgemeine Verwendung einer einheitlichen Methode, die möglichst einwandfreie Resultate zeitigt, Sorge zu tragen.

Das dieser Untersuchung zu Grunde liegende Material wurde mir von den Herren Fabrikbesitzer Hirschberg in Schellmühl bei Danzig, Prof. Dr. Kumm, Direktor des Westpreußischen Provinzialmuseums in Danzig, und Pfarrer Winkler in Zoppot zur Bearbeitung überlassen. Ich möchte ihnen auch an dieser Stelle für ihr freundliches Entgegenkommen meinen Dank abstatten.

[1]) 48, 22.

Benutzte Literatur, geordnet nach der Zeit des Erscheinens.

1. C. Plini Secundi naturalis historiae libri XXXVII. Recensuit et commentariis criticis indicibusque instruxit Julius Sillig. Hamburgi et Gothae 1852. Vol. II, lib. VIII, cap. XXXVIII, sect. 57, S. 110—111 und Vol. V, lib. XXXVII, cap. II, sect. 11, S. 338—393, cap. III, sect. 13, S. 398. 399, cap. III, cap. VII, sect. 29, S. 420. 421.
2. Aurifaber, Andr.: Succini historia. Ein kurtzer gründlicher Bericht, woher der Agtstein oder Börnstein vrsprünglich komme, das er kein Baumhartz sey, Sender ein geschlecht des Bergwachs, Vnd wie man jnen manigfaltiglich in artzneien möge gebrauchen. Königsberg 1551.
3. Wigand, Joh.: Vera historia de succino borussico, de alce borussica et de herbis in Borussia nascentibus etc. Jenae 1590.
4. Jonston, Joh.: Thaumatographia naturalis, in decem classes distincta etc. Amsterdami 1632. Classis IV, caput X.
5. Hartmann, M. Philipp Jak.: Succini prussici physica et civilis historia cum demonstratione ex autopsia et intimiori rerum experientia deducta. Francofurti 1677. Lib. I, cap. V, § III.
6. Hartmann, Phil. Jac.: Succincta succini prussici historia et demonstratio. Berolini 1699. Cap. II, § VI; cap. III, §§ III, V; cap. IV, § III.
7. Helwing, M. Georg Andr.: Lithographia Angerburgensis. Pars II. Lipsiae 1720. § VII—IX.
8. Rzaczynski, P. Gabr.: Historia naturalis curiosa regni Poloniae, magniducatus Lituaniae, anexarumque provinciarum in tractatus XX etc. Sandomiriae 1721. Sectio II. De electro seu succino. S. 176—184.
9. Sendel, Nath.: Electrologiae per varia tentamina historica ac phycica continuandae missus secundus. Elbingae 1726. Sect. II, §§ XI, XXXI, XXXII.
10. Bock, Friedrich Samuel: Versuch einer kurzen Naturgeschichte des Preußischen Bernsteins und einer neuen wahrscheinlichen Erklärung seines Ursprunges. Königsberg 1767. — Verzeichnis des Bernsteinkabinetts des Herrn Kommerzienrat Saturgus.
11. Wolf, von: Naturalienkabinet, an die Hochberühmte Naturforschende Gesellschaft in Danzig geschenket. Danzig 1785. S. 175—183.
12. Hasse, Joh. Gottfr.: Preußens Ansprüche, als Bernsteinland das Paradies der Alten und Urland der Menschheit gewesen zu seyn; aus biblischen, griechischen und lateinischen Schriftstellern gemeinverständlich erwiesen. Königsberg 1799.
13. John, J. F.: Naturgeschichte des Succins, oder des sogenannten Bernsteins; nebst Theorie der Bildung aller fossilen, bituminösen Inflammabilien des organischen Reichs und den Analysen derselben. 1. Teil. Naturgeschichte des Succins oder Bernsteins. Köln 1816.
14. Graffenauer, J. P.: Histoire naturelle, chimique et technique, du succin ou ambre jaune. Paris 1821.
15. Hagen: Geschichte der Börnsteingräbereien in Ostpreußen und besonders der auf bergmännische Art veranstalteten. Nebst einem Grund- und Saigerriß der Börnstein-Gräberei in Gr. Hubnicken. Beiträge zur Kunde Preußens. Bd. 6, VIII; 1823. S. 200—227.
16. Berendt, George Carl: Die Insekten im Bernstein. Ein Beitrag zur Thiergeschichte der Vorwelt. Heft 1. Danzig 1830.

17. Aycke, Joh. Chr.: Fragmente zur Naturgeschichte des Bernsteins. Danzig 1835.

18. Roy, van C. W.: Ansichten über Entstehung und Vorkommen des Bernsteins, so wie praktische Mittheilungen über den Werth und die Behandlung desselben als Handelsware. Danzig 1840.

19. Berendt, Georg Carl: Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt. Band 1, Abth. 1: Der Bernstein und die in ihm befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt, bearbeitet von Prof. Dr. H. R. Goeppert in Breslau und Dr. G. C. Berendt in Danzig. Mit 7 lithogr. Taf. Berlin 1845.

20. Thomas, K.: Die Bernsteinformation des Samlandes. Neue Preuß. Prov.-Blätter, Bd. 3. Königsberg 1847. S. 241—257.

21. Schweigger, J. S. C.: Über das Elektron der Alten und den fortdauernden Einfluß der Mysterien des Alterthums auf die gegenwärtige Zeit, nebst einem Anhang über einige neuere Gegenstände angewandter Naturwissenschaft. Greifswald 1848. C. A. Koch's Separat-Conto. (Aus Grunert's Archiv der Mathematik und Physik, Thl. IX und Thl. X, besonders abgedruckt).

22. Loew, H.: Über den Bernstein und die Bernsteinfauna. Berlin 1850.

23. Venema, G. A.: De Bernsteen in het oostelyk Gedeelte der Provincie Groningen. Verhandelingen uitgegeven door de Commissie vor de Geologische Beschryving en Kaart van Nederland etc. 2. Deel. Haarlem 1854. S. 145 Anm.

24. Thomas, Karl: Der Bernstein in naturwissenschaftlicher, industrieller und volkswirtschaftlicher Beziehung. Mit 1 Karte. Erster Abschnitt. Der Bernstein, sein Lager und seine Geschichte. Ein Beitrag zur Kenntniß des aufgeschwemmten Landes. Archiv für Landeskunde der Preußischen Monarchie. Bd. 1. Quartal 1. Berlin 1858. S. 280—317.

25. Zaddach, Gustav: Über die Bernstein- und Braunkohlenlager des Samlandes. Mit 4 Taf. Schrift. d. phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg i. Pr. Bd. 1. 1860. S. 1—44.

26. Berendt, G.: Die Bernstein-Ablagerungen und ihre Gewinnung. Mit 1 Taf. Schrift. d. phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg. 7. Jahrg. 1866. Königsberg i. Pr. 1866. S. 107—120.

27. Normann, v.: Über das Vorkommen und die Gewinnung des Bernsteins in dem westlichen Samlande. Sitz.-Ber. d. naturwiss. Ges. Isis in Dresden. Jahrg. 1868; 1869. S. 83—85.

28. Wiesner, Julius: Über die Oberflächenformen einiger Harze. Sitz.-Ber. d. naturwiss. Ges. Isis in Dresden. Jahrg. 1868; 1869. S. 76—79.

29. Berendt, G.: Unreifer Bernstein. Schrift. der Königl. phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg. Jahrg. 13. 1872. S. 133—135.

30. Helm, Otto: Notizen über die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bernsteins. Archiv d. Pharmazie. Bd. 8. Heft 3. 1877. S.-A. S. 1—17.

31. — Über die mikroskopische Beschaffenheit und den Schwefelgehalt des Bernsteins. Archiv d. Pharmazie. Bd. 10. Heft 6. 1878. S.-A. S. 1—19.

32. Stamm, E.: Der Bernstein. Gaea. Natur und Leben. Bd. 15. 1879. S. 100—105, 174—177, 408—414.

33. Klebs, Richard: Der Bernstein. Seine Gewinnung, Geschichte und geologische Bedeutung. Erläuterung und Catalog der Bernstein-Sammlung der Firma Stantien und Becker. Königsberg i. Pr. 1880.

34. Helm, Otto: Über sicilianischen und rumänischen Bernstein. Mitth. über Bernstein IV. Schrift d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 5. Heft 1 u. 2. 1881. S. 293—296.

35. — Über sicilianischen Bernstein. Mitth. über Bernstein V. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 5. Heft 3. 1882. S. 8—9.

36. — Über die elementare Zusammensetzung des Ostsee-Bernsteins. Mitth. über Bernstein VI. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 5. Heft 3. 1882. S. 9—11.

37. Klebs, Richard: Der Bernsteinschmuck der Steinzeit von der Baggerei bei Schwarzort und anderen Lokalitäten Preußens aus den Sammmlungen der Firma Stantien und Becker und der physik.-ökonom. Gesellschaft. Mit 12 lithogr. Taf. und 5 Zinkograph. Beiträge zur Naturkunde Preußens, herausg. v. d. phys.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg. Nr. 5. Königsberg. 1882.

38. — Die Handelssorten des Bernsteins. Jahrbuch d. königl. preuß. geolog. Landesanst. und Bergakad. zu Berlin f. d. Jahr 1882. Berlin 1883. S. 404—435.

39. Waldmann, F.: Der Bernstein im Altertum. Eine historisch-philologische Skizze. S.-A. aus d. Progr. d. livl Landesgymnasiums f. d. Jahr 1882. Fellin 1883.

40. Helm, Otto: Über die Herkunft des in den alten Königs-Gräbern von Mykenä gefundenen Bernsteins und über den Bernsteinsäuregehalt verschiedener fossiler Harze. Mitth. über Bernstein XII. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 6. Heft 2. 1885. S. 235—239.

41. Klebs, Richard: Aufstellung und Katalog des Bernstein-Museums von Stantien und Becker. Königsberg i. Pr. Nebst einer kurzen Geschichte des Bernsteins. Königsberg 1889.

42. Conwentz, H.: Über die Verbreitung des Succinits, besonders in Schweden und Dänemark. Mit 1 Karte. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 7. Heft 3. Danzig 1890. S. 165—176.

43. — Monographie der baltischen Bernsteinbäume. Vergleichende Untersuchungen über die Vegetationsorgane und Blüten, sowie über das Harz und die Krankheiten der baltischen Bernsteinbäume. Mit 18 lithogr. Taf. in Farbendruck. Mit Unterstüzung des Westpreußischen Provinziallandtages herausgegeben von der Naturf. Ges. in Danzig. 1890.

44. Smeeth, W. F.: On a method of determining the specific gravity of substances in the form of powder. The scientific proceedings of the Royal Dublin Society. Vol. VI. Dublin. 1890. S. 61, 62.

45. Helm, Otto: Über Rumänit, ein in Rumänien vorkommendes fossiles Harz. Mitth. über Bernstein XIV. Schrift. d. Naturf. Ges. zu Danzig. N. F. Bd. 7. Heft 4. 1891. S. 186—189.

46. Dahms, Paul: Markasit als Begleiter des Succinit. Mit 2 Fig. im Text. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 8. Heft 1. 1892. S. 180—200.

47. Meyer, A. B.: Über Bernstein-artiges prähistorisches Material von Sizilien und über Barmanischen Bernstein. Sitzungsber. und Abh. der Naturw. Ges. Isis in Dresden. Jahrg. 1892; 1893. S. 49—53. [Intorno a del materiale preistorico del tipo Ambra scoperto in Sicilia. Bollettino di paletnologia italiana. Anno 19. Nr. 4—6. 1893. S. 105—109].

48. Aweng, E.: Über den Succinit. Untersuchungen über die Sekrete, 11, mitgeteilt von A. Tschirch. Arbeiten aus dem pharmazeut. Instit. der Universität Bern. Archiv d. Pharmazie. Bd. 232. Heft 9. 1894. S.-A. S. 3—31.

49. Dahms, Paul: Das Klarkochen des Succinit. Mineralog. Unters. über Bernstein. I. Schrift d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 8. Heft 3 u. 4. 1894. S. 97—106.

50. — Über Farbenerscheinungen an fluorescierenden Bernsteinarten. Mineralog. Unters. über Bernstein. III. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 8. Heft 3 u. 4. 1894. S. 111—114.

51. Moldenhauer, Paul: Das Gold des Nordens. Ein Rückblick auf die Geschichte des Bernsteins. Danzig 1894.

52. Istrati, C. J.: La roumanite ou le succin de Roumanie. Buletinul societăţii de sciinţe fizice din Bucuresci—România. Anul IV, No. 3 şi 4, Martie-Aprilie 1895. S. 59—77. [Rumanita sau succinul din Romania. Analele academieĭ Române. Ser. II, tom. XVI. Bucuresci 1895. S.-A. S. 1—23.]

53. Conwentz, H.: On English amber and amber generally. An address delivered in section K. of the British association for the advancement of science. Ipswich meeting, 1895. With 2 plates and 2 figures. Natural science, vol. IX, nos. 54 and 55. pg. 99—106, 161—167. 1896.

54. Dahms, Paul: Weitere Notizen über das Klarkochen des Succinit. Mineralog. Unters. über Bernstein. IV. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 9, Heft 2. 1897. S. 1—8.

55. — Klären des Succinit auf trockenem Wege. Mineralog. Unters. über Bernstein. V. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 9, Heft 2. 1897. S. 8—19.

56. Istrati, C.: Compléments à l'étude sur la roumanite (succin de la Roumanie). Mit 1 Abb. im Text. Buletinul societăţii de sciinţe din Bucuresci-România. Anul VI. No. 1. Januarie-Februarie 1897. S. 54—59.

57. Klebs, R.: Cedarit, ein neues bernsteinähnliches, fossiles Harz Canada's und sein Vergleich mit anderen fossilen Harzen. Jahrbuch der königl. preuß. geolog. Landesanstalt und Bergakademie für d. Jahr 1896. Bd. 17. 1897. S. 199—230.

58. Dahms, Paul: Über eine alte Methode der künstlichen Trübung des Succinit. Mit 1 Fig. im Text. Mineralog. Unters. über Bernstein. VI. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 9, Heft 3 und 4. 1898. S. 164—177.

59. Istrati, C.: Quelques nouvelles données relatives à l'étude de la roumanite (succin de Roumanie). Buletinul societăţii de sciinţe din Bucuresci-România. Anul VII. No. 3 şi 4. Maiu-August 1898. S. 272—273.

60. Brüning, Eduard: Über die Harzbalsame von *Abies canadensis* (L.) Miller, *Picea vulgaris* Link und *Pinus Pinaster* Solander. Inaug.-Diss. Bern. 1900.

61. Diterich, Karl: Analyse der Harze, Balsame und Gummiharze nebst ihrer Chemie und Pharmacognosie. Berlin. 1900.

62. Meyer, Richard: Über die chromophoren Eigenschaften des Schwefels. Naturw. Rundschau. Jahrg. 15. Nr. 37. 15. Sept. 1900. S. 465—467.

63. Weigel, Georg: Über die Harzbalsame von *Larix decidua* und *Abies pectinata*. Inaug.-Diss. Bern (Leipzig). 1900.

64. Dahms, Paul: Über das Vorkommen und die Verwendung des Bernsteins. Mit 3 Fig. im Text. Zeitschrift für praktische Geologie. 1901, Juni. S. 211—220.

65. — Ein Beitag zur Constitutionsfrage des Bernsteins. Mit 1 Tafel. Mineralog. Unters. über Bernstein. VII. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 10. Heft 2 und 3. 1901. S. 243—257.

66. Helm, Otto: Chemische Untersuchung von Bernsteinperlen aus alten Tempel-Ruinen Babylons und aus Gräbern Italiens, sowie Verfahren zur Bestimmung der Bernsteinsäure im Bernstein. Verhandl. d. Berliner Ges. f. Anthropolog., Ethn. und Urgeschichte. Sitz. v. 16. Nov. 1901; 1901. S. 400—403.

67. Istrati, C. J.: Quelques données nouvelles relatives à un échantillon de roumanite trouvé sur le bord de la Mer Noire à Tékir-Ghiol. Buletinul societăţii de sciinţe din Bucuresci-România. Anul IX. No. 6. Noembre-Decembre 1901. S. 650—652.

68. Niederstadt, Bernhard: Über den neuseeländischen Kauri-Busch-Kopal von *Dammara australis* und über das Harz von *Pinus silvestris*. Inaug.-Diss. Bern (Berlin) 1901.

69. Koch, M.: Über das Harz von *Dammara orientalis* (Manila-Copal) und über das Siebenbürgische Resina Pini von *Picea vulgaris* (Link). Inaug.-Diss. Bern (Jena) 1902.

70. Hedinger, A.: Die vorgeschichtlichen Bernsteinartefakte und ihre Herkunft. Straßburg. 1903.

71. Labatut, S.: 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—34, 42—47.

72. Murgoci, G.: Gisements du succin de Roumanie avec un aperçu sur les résines-fossiles: succinite, romanite, schraufite, simétite, birmite etc. et une nouvelle résine-fossile d'Olăneşti. 14 Fig. und 1 Karte. Asociaţiunea Română pentru înaintarea şi răspândirea sciinţelor, memoriile congresuluĭ de la Jaşĭ. Bucarest 1903. S.-A. S. 3—34.

73. Quincke, G.: Über Kristalle. Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellschaft im Jahre 1903. Braunschweig 1903. S. 102—109.

74. Kauffmann, Hugo: Über den Zusammenhang zwischen Farbe und Konstitution bei chemischen Verbindungen. Samml. chem. und chem.-techn. Vorträge, herausg. v. Prof. Dr. Felix B. Ahrens. Bd. 9, Heft 8. 1904.

75. Dahms, Paul: Über den Brechungsquotienten des Succinit und einige Erscheinungen, die sich bei der künstlichen Behandlung dieses Bernsteins zeigen. Mineralog. Unters. über Bernstein. VIII. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 11, Heft 4. 1906. S. 25—49.

76. Klason, Peter und Köhler, John: Chemische Untersuchungen der Säuren im Harze der Fichte (*Pinus abies* L.). Journal für prakt. Chemie. N. F. Bd. 73, No. 8. 1906. S. 337—358.

77. Dahms, Paul: Über Rumänit und Succinit. Mit 2 Fig. im Text. Mineralog. Unters. über Bernstein. IX. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 12, Heft 2. 1908. S. 1—30.

78. Leduc, Stéphane: Die physikalischen Grundlagen des Lebens und der Entstehung von Lebewesen. Mit 13 Abb. Ins Deutsche übers. von Paul le Coutre. Monatshefte für d. naturw. Unterricht a. Schulg. Bd. 1. 1908. S. 494—501.

79. Tschirch, A.: Die Chemie und Biologie der pflanzlichen Sekrete. Ein Vortrag. Leipzig 1908.

80. Leduc, Stéphane: Wirkungen der Diffusion flüssiger Körper. Mit 9 Abb. Kosmos. Bd. 6, Heft 7. 1909. S. 219—221. (Der Zeitschrift „Mikrokosmos" entnommen).

81. Doss: Die Entstehung der ökonomisch wichtigen Schwefelkieslagerstätten. Korrespondenzbl. d. Naturf.-Vereins zu Riga. Bd. 55. Riga 1912. S. 23. 24.

82. Hatschek, Emil: Die Gele des Kamphorylphenylthiosemikarbazids, mit einigen Bemerkungen über Gelstruktur. Mit 7 Fig. im Text. Zeitschr. f. Chemie und Industrie der Kolloide. Bd. 11, Heft 4. Okt. 1912. S. 158—165.

83. Larguier des Bancels, J.: Sur la solubilité des résinates colorés soumis à l'action de la lumière. Comptes rendus. 1912. Deuxième semestre. Tome 155, No. 4. 22. Juillet 1912. S. 280—282.

84. Vergl. Lippmann, G.: Influence de la forme géométrique des corps solides sur les actions chimiques qu'ils subissent à basse pression. Comptes rendus. 1912. Deuxième semestre. Tome 155, Nr. 24 (9. Déc. 1912), S. 1227—1229 und
Liesegang, Raphael Ed.: Geologische Diffusionen. Mit 44 Abb. Dresden und Leipzig. 1913. S. 34. 115.

85. Marcusson, J. und Winterfeld, G.: Bernsteinersatzmittel und ihre Erkennung. Mitteil. a. d. Königl. Material-Prüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde West. 1912. Heft 4. S. 191—195.

86. Lengerken, Hans von: Etwas über den Erhaltungszustand von Insekteninklusen im Bernstein. Mit 2 Fig. Zoolog. Anzeiger. Bd. 41. Nr. 6. 31. Jan. 1913. S. 284—286.

87. Dahms, Paul: Über geschichteten und achatartigen Succinit. Mit 8 Fig. im Text. Mineralog. Unters. über Bernstein. X. Schrift. d. Naturf. Ges. in Danzig. N. F. Bd. 13. Heft 3 u. 4. 1914. S. 1—24.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig

Jahr/Year: 1913-1914

Band/Volume: NF_13_3-4

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

Artikel/Article: Mineralogische Untersuchungen über Bernstein 175-243