

## Beitrag zur Lösung der Tektitfrage.

+1950 Von +1937

**B. Ježek** und **J. Woldřich** in Prag.

(Mit 1 Tafel.)

Vorgelegt am 29. April 1910.

Die alte, den Ursprung der Moldawite und der ihnen verwandten Gläser betreffende Frage ist bis jetzt noch ungelöst geblieben. Nicht einmal die geistreiche *Streich-Verbeeck-Suess'sche* Theorie über ihren kosmischen Ursprung, welche insbesondere in der umfangreichen *Suess'sche*n<sup>1)</sup> Publikation verarbeitet und allgemein bekanntgemacht wurde, fand allseitigen Anklang. Ein direkter und unumstürzbarer Beweis eines unanfechtbaren Glasmeteoritenfalles wurde bisher nicht gegeben; deshalb ist für die künftige Lösung dieser Frage jeder Bericht über einen neuen Fund ähnlicher Gläser und über ihre bisher ziemlich wenig beachteten physikalischen Eigenschaften wertvoll.

Im ersten Teile dieser Abhandlung bespricht *J. Woldřich* einen Fund von Obsidianen mit Moldawit-Oberflächenskulptur und seine Bedeutung für die Tektitfrage, im zweiten Teile führt *B. Ježek* die Ergebnisse seiner Forschungen über die Dichte und die optischen Eigenschaften der sogenannten Tektite, einiger natürlicher und künstlicher Gläser an.

### 1. Obsidiane mit Moldawit-Oberflächenskulptur.

*F. E. Suess* bezeichnet mit dem Namen „Tektite“ Glaskörper, welche insbesondere eine eigenartige Oberflächenskulptur besitzen; er hält ihren Ursprungsort für außerirdisch und reiht sie demnach als eine neue Gruppe unter die Meteorite ein. Zu den Tektiten zählt er die *Moldawite*, welche hauptsächlich in Böhmen am westlichen Rande des Budweiser Tertiärbeckens und in Mähren in der südlichen und südöstlichen Umgebung von Trebitsch gefunden werden, die *Billitonite*, welche auf einigen Inseln Niederländisch-Indiens gesammelt wurden, sowie die aus Zentral-Australien stammenden *Australite*.

---

<sup>1)</sup> *F. E. Suess*. Die Herkunft der Moldawite und verwandter Gläser. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, Wien, 1900, 50, p. 193—382.

In der Literatur werden auch zwei vermeintlich beobachtete Fälle von Glaskörpern angeführt, und zwar der eine bei Walk in Livland<sup>2)</sup> im Jahre 1855, der zweite bei Halle<sup>3)</sup> im Jahre 1904. Es ist jedoch die Beobachtung des Falles beider Gläser so wenig verbürgt und ihre Beschreibung so unklar, daß man dieselben zur Lösung der Tektitfrage kaum wird verwerten können.

In neuester Zeit wurde das Interesse für die sog. Tektite durch den Fund eines vermeintlichen, von F. Eichstädt beschriebenen Glasmeteoriten in Schonen, sowie durch den Streit über die Kuttenberger Glaskugeln, deren meteoritischen Ursprung insbesondere E. Weinschenk verfißt, gehoben. Eichstädt's Glasmeteoriten nimmt Suess in seine Gruppe der „Tektite“ auf, während er den meteoritischen Ursprung der Kuttenberger Glaskugeln bestreitet. Beide bespreche ich eingehender im folgenden.

Eichstädt's<sup>4)</sup> Tektit aus Schonen ist ein durchscheinendes, braunes Glas, dessen Oberfläche im Gegensatz zu anderen Tektiten und vielen Meteoriten der sog. Piezoglypten entbehrt. Es stellt ein Bruchstück eines größeren Körpers dar. Nach Eichstädt spricht für seinen meteoritischen Ursprung hauptsächlich eine durch Umschmelzung entstandene Rinde, welche den Suess'schen Tektiten fehlt, weshalb er deren meteoritischen Ursprung nicht anerkennt und sie eher für vulkanische Produkte hält. Die Rinde ist teilweise devitrifiziert, während das Innere des Glaskörpers aus einem stellenweise braunen, stellenweise mehr farblosen, schlierigen und striemigen Glase ohne Devitrifikationsprodukte besteht. Gegen den terrestrischen Ursprung des Glases scheint Eichstädt hauptsächlich seine hohe Dichte (2·707) zu sprechen. Gegen Ende des vorigen Jahres veröffentlichte W. Wahl<sup>5)</sup> eine Abhandlung, welche insbesondere die mikroskopische Struktur des besprochenen Glases betrifft. Nach seiner Beschreibung ist es von einer Rinde umgeben, welche aus zungenartigen Protuberanzen und aus einer unter ihnen gelegenen dünnen ( $\frac{1}{10}$  mm), bläschenreichen Zone besteht. Aus der Beschaffenheit der Protuberanzen und der Rinde überhaupt folgert Wahl, daß diese nur während des Fluges eines meteoritischen Glases durch die Atmosphäre infolge des starken Luftwiderstandes entstanden sein konnte. Selbst wenn die von Eichstädt und Wahl angeführten Eigentümlichkeiten dieses in

<sup>2)</sup> C. Grewingk und C. Schmidt. Archiv f. Naturk. Liv-, Esth- und Kurlands. 1864, 3, p. 421. Neues Jahrb. 1865. p. 99; 1905, 1, p. 399.

<sup>3)</sup> G. Brandes. Zwei Hallesche Meteoritenfälle. Zeitschr. f. Naturw. 1903, 76, p. 459; Neues Jahrb. 1905, 1, p. 398. — A. Brezina. Über Tektite von beobachtetem Fall. Anzeiger Wiener Akad., Math. naturw. Kl., 11. Febr. 1904.

<sup>4)</sup> Fr. Eichstädt. En egendomlig of rent glas bestående meteorit funnen in Skåne. Geol. Fören. Förh., Bd. 30., H. 5, 1908, p. 323. Für den böhm. Auszug aus dieser in schwedischer Sprache veröffentlichten Abhandlung danke ich verbindlichst H. Universitäts-Professor Dr. A. Kraus in Prag.

<sup>5)</sup> W. Wahl. Beiträge zur Kenntnis des Tektiten von Kälna in Skåne. Geol. Fören. Förh., Bd. 31., H. 6., 1909, p. 471.

mancher Hinsicht an Obsidiane erinnernden Glases, wie die Oberfläche, Rinde und ihre Struktur für seine meteoritische Beschaffenheit sprechen sollten, so würden sie eben diese bloß für dieses Stück bezeugen und nur eine etwaige Möglichkeit von Glasmeteoriten bestätigen, in keiner Hinsicht dagegen den meteoritischen Ursprung der sog. Tektite, welche eine andere Oberfläche aufweisen und einer Schmelzrinde entbehren.

Weinschenk's vermeintliche Kuttenberger Tektite sind zwei Glaskugeln, welche bei Kuttenberg an einer Stelle aufgefunden wurden, wo früher verwitterter Serpentin deponiert war. Ihre Zugehörigkeit zu den Moldawiten und den sog. Tektiten überhaupt wurde bereits von A. Rzehak<sup>6)</sup> und F. E. Suess<sup>7)</sup> bestritten, von Weinschenk<sup>8)</sup> jedoch abermals verteidigt. Die nach Weinschenk durch Umschmelzung entstandene Rinde der Glaskugeln hält Rzehak für ein Verwitterungsprodukt, wie es sich auf vielen alten, künstlichen Gläsern vorfinden soll. Nach Rzehak haben eine gleiche oder ähnliche Oberfläche wie die Kuttenberger Glaskugeln zahlreiche alte, künstliche Gläser. Weinschenk geht in seiner Erwiderung bloß auf die von Suess erhobenen Einwendungen gegen die meteoritische Natur der Kuttenberger Glaskugeln ein, ohne die Abhandlung Rzehak's zu berücksichtigen.

Hiezu möchte ich bemerken, daß in der Umgebung von Kuttenberg an einigen Stellen wirkliche Schlacken eines grünlichen Glases selbst in größeren Stücken aufgefunden wurden. Weiterhin befindet sich in meiner Moldawitsammlung unter anderen eine bei Unter-Moldau gefundene Glaskugel, welche in Farbe, Größe und Oberflächenskulptur in vieler Hinsicht den Kuttenberger Glaskugeln ähnlich zu sein scheint. Die Dichte und die Lichtbrechungskoeffizienten der Glasschlacken aus der Umgebung von Kuttenberg sowie der erwähnten Glaskugel von Unter-Moldau sind im zweiten, von B. Ježek verarbeiteten Teile angeführt.

Ich halte die von Weinschenk beschriebenen Glaskugeln und die von mir angeführte Glaskugel von Unter-Moldau für künstliche und wahrscheinlich auch bearbeitete, an der Oberfläche verwitterte Gläser.

Gegen den kosmischen Ursprung der sog. Tektite sprach sich auch unlängst Berwerth<sup>9)</sup> aus, indem er deren Oberfläche mit jener der Meteorite verglich und auf einige Eigenheiten der Tektitoberfläche hinwies, welche sich nicht durch teilweise Aufschmelzung und Einwirkung der Luft während des Fluges durch die Atmosphäre erklären lassen. Dagegen ver-

---

<sup>6)</sup> A. Rzehak. Die angebl. Glasmeteoriten von Kuttenberg. Centralblatt f. Min., 1909, Nro. 15.

<sup>7)</sup> F. E. Suess. Notizen über Tektite. Centralblatt f. Min., 1909, Nr. 15.

<sup>8)</sup> E. Weinschenk. Zum Streite über die „Echtheit“ der Moldawite. Centralblatt für Min., 1909, Nr. 18.

<sup>9)</sup> F. Berwerth. Oberflächenstudien an Meteoriten. Tschermaks Min. Mitt., 1910, 29, H. 1/2. Dasselbst befindet sich auch die Antwort Suess auf einige von Berwerth erhobene Einwendungen.

teidigt Beck<sup>10)</sup> in einer Abhandlung über die in den Tektiten eingeschlossenen Gase ihren außerirdischen Ursprung, während Brun, welcher die Analysen der Gase vollführte, der Ansicht ist, daß die Anwesenheit von Ammoniumchlorid den irdischen Ursprung der Tektite bezeugt.

Vor einigen Jahren erhielt ich zwei Glaskörper, welche aus Amerika stammen und manchen sog. Tektiten außerordentlich ähnlich sind. Es sind Gläser, welche ihrer Oberfläche nach sehr vielen Moldawiten gleichen und nach vielen Eigenschaften wiederum ihre Angehörigkeit zu den Obsidianen beweisen, so daß ich sie für echte *Obsidiane mit einer vielen Moldawiten ähnlichen Oberflächenskulptur* halte.

Das eine Stück stammt aus der Umgebung von Cali im Departement Cauca in Columbia und zeichnet sich durch eine den Moldawiten so ähnliche Oberflächenskulptur aus, daß es von Sammlern und Kennern dieser Gläser, welchen es vorgelegt wurde, gleich als Moldawit bezeichnet wurde.

Auf der einen Seite ist dieses Glas schwach gewölbt (Fig. 1, 2, 5), auf der anderen fast flach (Fig. 3, 4, 6). Die Länge beträgt ca 2.2 cm, die größte Breite ca 1.8 cm und die Dicke ca 1 cm, das abs. Gewicht 4.6 g. Es besteht aus einer teils bräunlichen, teils grauen glasigen Masse; letztere bildet in jener Lamellen, wodurch stellenweise ein eigenartiges Schillern entsteht. Ein ähnliches schlieriges Gemenge von verschiedenfarbigen Obsidiangläsern ist bereits von manchen Orten bekannt. So sind z. Bsp. viele Marekanite von Ochotsk aus rötlichen und farblosen Fasern zusammengesetzt; Zirkel beschreibt Obsidiankugeln aus Nordwest-Amerika, welche aus Lamellen zweier verschiedener Gläser bestehen. Einen samtartigen Schiller weisen auf Bruchflächen manche Obsidiane vom Kaukasus auf, ebenso schillern manche mexikanische Obsidiane.

Das Glas hat im ganzen einen lackartigen Fettglanz, nur Stellen, durch welche sich die grauen Bänder hinziehen, sind weniger glänzend. Auf der schwach gewölbten Seite (Fig. 1, 2, 5) kann man viele, größere und kleinere Grübchen bemerken, ebenso wie sie auf vielen böhmischen und mährischen Moldawiten und auf Billitoniten zu sehen sind. Stellenweise laufen über die Oberfläche Furchen, welche beiläufig zu einander und der längsten Begrenzungsrichtung des Stückes parallel sind. Die Richtung der oben erwähnten verschiedenfarbigen Bänder stimmt so ziemlich mit der Richtung dieser Furchen überein. Ich bin überzeugt, daß diese Furchen ihr Entstehen der Fluidalstruktur des Glases, also einer geringeren Resistenz des einen von den sich durchdringenden Gläsern verdanken. Es sind also die Furchen, welche, ohne ihre Richtung zu ändern, auch die auf der Oberfläche zerstreuten Grübchen durchlaufen, durch die innere Struktur des Glases bedingt. Der Boden größerer Grübchen ist dicht mit feinen Vertiefungen bedeckt, welche wie mit einer stumpfen Stecknadel ausgestochen zu sein

<sup>10)</sup> R. Beck. Über die in den Tektiten eingeschlossenen Gase. Monatsber. d. Deutsch. Geol. Ges., 1910, Nro. 3, p. 240—245.

scheinen. Außerdem sieht man auf der Oberfläche auch längere Rinnen (Fig. 6 unten, Fig. 7 mitten), von welchen manche quer zu den Seitenkanten des Glases gerichtet sind (Fig. 4 und 6 mitten). Auf der flachen Seite des Glases kann man eine ähnliche Skulptur sehen wie auf der gewölbten Seite. Auch hier bemerkt man zahlreiche Grübchen, Rinnen und Furchen mit einem feingrubigen Boden (Fig. 3, 4, 6). An einem Ende der flachen Seite wurde das Glas angeschliffen und poliert (Fig. 3 oben, Fig. 4 und 6 unten), um die Lichtbrechungskoeffizienten bestimmen zu können.

Das *zweite* Stück hat eine mehr kugelförmige Gestalt und stammt von Clifton in Arizona, nahe am Flusse Rio S. Francisco, welcher in den Gila River mündet. Es hat eine hell rauchgraue Farbe, wodurch es sehr vielen Marekaniten und manchen Obsidianen, insbesondere solchen aus Mexiko, Ecuador und Columbia, ähnlich sieht. Die ganze Oberfläche ist gleichsam zerhackt und von zahlreichen, mehr oder weniger unregelmäßig verlaufenden, seichten und wiederum tieferen Furchen durchzogen. Außer den Furchen kann man auf der Oberfläche noch Vertiefungen, welche Fingereindrücken in eine plastische Masse ähnlich sind und einigermaßen an die bekannten Piezoglypten der Meteoriten erinnern (Fig. 9, 11 unten), bemerken. Am Boden der Vertiefungen sind kleinere Grübchen dicht neben einander gereiht. Die ganze Oberfläche hat einen etwas fetten Glanz. Im Innern des Glases sind einige, kleine schwarze Schüppchen eingeschlossen, deren Charakter ich nicht feststellen konnte.

Vergleichen wir nun insbesondere das zuerst beschriebene Glas aus Amerika mit manchen böhmischen und mährischen Moldawiten, so finden wir eine vielfach vollkommene Übereinstimmung in der Oberflächen-skulptur. Ich besitze viele Moldawite von mährischen und böhmischen Fundorten, auf deren Oberfläche außer den mit einem grubigen Boden versehenen Grübchen, Furchen und Rinnen keine andere Skulptur zu sehen ist. Insbesondere sind manche von S u e s s als „selbständige Körper“ und „Vorhänge“ bezeichnete Moldawite ebenso wie unser an erster Stelle beschriebenes Glas an ihrer Oberfläche bloß mit ungleich großen, runden Grübchen und Rinnen bedeckt. S u e s s führt selbst eine ähnliche Oberflächen-skulptur bei manchen Obsidianbomben von Tokaj und vulkanischen Produkten von anderen Stellen an, bei welchen die Grübchen und Rinnen insgesamt nach der Fluidalstruktur in die Länge gezogen sein sollen. Auf unserem Obsidian von Cali sind sie auch senkrecht zu ihr orientiert.

Wichtig ist die Frage nach dem Ursprunge der beschriebenen amerikanischen Gläser. Nach einer Mitteilung des Herrn G. P. M e r r i l l, Haupt-Kurator des Nationalmuseums in Washington, von welchem ich beide Stücke als Obsidiane erhielt, fand man sie an der Erdoberfläche in den bereits genannten Gegenden, in welchen eine verhältnismäßig junge vulkanische Tätigkeit deutlich erkennbar ist. M e r r i l l ist der Ansicht, daß die Oberflächen-skulptur der eingesandten Obsidiane durch Abtrennung von

Teilchen infolge Wärmeveränderungen und durch die chemische Tätigkeit der Atmosphären entstanden sein konnte. Ich halte beide Stücke für natürliche, irdische, vulkanische Obsidiangläser, deren Oberflächenskulptur hauptsächlich durch chemische Korrosion entstand. Wie Merrill berichtet, finden sich unseren ähnliche Obsidiane ziemlich häufig in den westlichen Staaten Amerikas. Schon Humboldt<sup>11)</sup> beschreibt aus der Umgebung von Papayan in Columbia verschiedengefärbte Obsidianbomben von tränen- oder kugelförmiger Form und höckeriger Oberfläche. Es ist interessant, daß der Ort, von welchem diese im ganzen Tale des Flusses Cauca zerstreut umherliegenden Obsidiane herkommen, nicht genau bekannt sein soll, so daß Humboldt eine Verschleppung durch Wasser und Ureinwohner annimmt.

Mit unseren Obsidianen dürfte auch eine vulkanische Bombe aus Columbia, welche Bergt<sup>12)</sup> abbildet, verwandt sein. Sie ist aus einem obsidianartigen Pyroxenandesit zusammengesetzt und von ellipsoider Form. An der Oberfläche ist sie mit kleineren und größeren Grübchen bedeckt, welche mit einem fein punktierten Boden versehen sind. Stellenweise sind mehrere Grübchen zu einem Kanale verbunden. Bergt selbst erinnert an die Ähnlichkeit mit vielen Moldawiten. Auch Bergeat<sup>13)</sup> führt als letztes Produkt der Eruption des Monte Pelato auf den Liparischen Inseln dichte Obsidianbomben und Scherben an. Er setzt voraus, daß gegen Ende der Eruption die im Krater aufsteigenden starrflüssigen Massen nicht mehr der jähen Expansion der von unten aufsteigenden Gase standhalten konnten, sodaß der letzte Rest des glasigen Magmas in Form von Obsidianscherben emporgeworfen und zerstreut wurde. An einer anderen Stelle erwähnt er auch einen *grünen* Obsidian.

Wichmann<sup>14)</sup> fand auf Timor Obsidiankugeln mit runzeliger Oberfläche, deren Glassubstanz eine *grünliche* Farbe hatte und Mikrolithe enthielt. Süss hält sie für Marekanite, zu denen auch die Obsidiankugeln aus der Umgebung von Tokaj gehören. Letztere fand Beudant<sup>15)</sup> an verschiedenen, nicht näher bezeichneten Lokalitäten im Gebirge Patko zwischen Eperies und Tokaj. Sie erreichen höchstens einen Durchmesser von 20 cm und sind an der Oberfläche ziemlich regelmäßig von Rinnen durchzogen, welche senkrecht zu einer bestimmten Achse stehen. Breitere Rinnen werden häufig durch schmalere Furchen zerteilt und die auf solche Weise

<sup>11)</sup> A. v. Humboldt. Essai géogn. sur lègisement des roches dans les deux hémisphères, 1823, 341.

<sup>12)</sup> W. Reiss u. A. Stübel. Reisen in Südamerika. Geolog. Studien in der Republik Colombia. II. Petrogr. bearbeitet von W. Bergt. Berlin 1899, p. 177 und Taf. VIII.

<sup>13)</sup> A. Bergeat. Die aeolischen Inseln. Abhdlg. der kön. bayer. Akad. Wiss., 20. Bd., 1900.

<sup>14)</sup> A. Wichmann. Beitr. zur Geologie Ost-Asiens u. Australiens. Bd. II., Gesteine von Timor. 1882—7., p. 21.

<sup>15)</sup> Beudant. Voyage en Hongrie., 1822, II., p. 213.

zwischen den Furchen entstehenden Kämme sind unregelmäßig gezackt. *Beudant* hält diese Körper für vulkanische Gläser, welche in einem teigartigen Zustande emporgeschleudert wurden. Nach *Suess* erwähnt auch *Kunz*<sup>16)</sup> den Moldawiten ähnliche Obsidiangerölle aus der Umgebung von Santa Fé in Neu-Mexiko. In einer Unterredung mit *Suess* soll er sich jedoch ausgesprochen haben, daß das Vorkommen dieser Obsidiane ein sehr fragliches ist. Unsere zwei oben beschriebene amerikanischen Obsidiane können die Nachricht *Kunz's* nur bestätigen. Auch sind mexikanische (Otumbo-)Obsidiane bekannt, deren Oberfläche mit perlenschnurartig aneinandergereihten Grübchen bedeckt ist.

Gleichwohl darf ich wohl behaupten, daß auf keinem der bisher als vulkanisch allgemein anerkannten irdischen Produkte eine Oberflächen-skulptur vorgefunden wurde, welche eine so große Ähnlichkeit mit jener vieler Moldawite aufgewiesen hätte wie auf dem von uns beschriebenen Obsidian von Cali in Columbia.

Betrachten wir nun die Gründe, welche gegen den irdischen vulkanischen Ursprung der Moldawite und der sog. Tektite überhaupt angeführt werden. In erster Reihe ist es die Verschiedenheit der Oberfläche. Es gebührt hauptsächlich *Suess* das Verdienst, die Oberflächenskulptur der sog. Tektite genau durchstudiert, beschrieben und einen Versuch zu ihrer Erklärung gegeben zu haben. Seither wurde jedoch bekannt, daß die Oberflächenskulptur, wie sie sich auf den sog. Tektiten vorfindet, keineswegs eine ausschließlich nur ihnen zukommende Eigenschaft bildet. Die Sternskulptur wie sie auf manchen Moldawiten vorkommt, wurde in fast völliger Übereinstimmung auf Geröllen der algerischen Sahara vorgefunden. Sie entstand nach *Abel*<sup>17)</sup> durch die Tätigkeit der den Sand dahintreibenden Luft unter steter Rotation der betreffenden Körper. — Ein Obsidianblock, welchen *Bergt* (l. c. 12) auf Taf. VII. abbildet, ist mit wurmförmig gewundenen Gängen bedeckt, wie sie in ganz ähnlicher Weise auf Billitoniten vorkommen. — Grübchen und Rinnen, welche auch quer die Seitenkanten der betreffenden Gläser durchstreichen und auch auf vielen Moldawiten vorkommen, sind auch auf dem hier beschriebenen Obsidiane von Cali vorhanden.

Die Abwesenheit von Mikrolithen in den Tektiten dürfte wohl nicht absolut ihren irdischen vulkanischen Ursprung ausschließen, da wir ja auch Obsidiane<sup>18)</sup> z. Bsp. aus Nordamerika kennen, welche weder Mikrolithe, Globulite noch Gasbläschen besitzen. Manche Obsidiane dürften sich auch beim Glühen ähnlich verhalten wie die Tektite, nämlich nicht aufblähen und sich nicht in eine binsteinartige Masse umwandeln.

<sup>16)</sup> *F. Kunz*. Gems and precious stones of North-Amerika. New York, 1890, p. 168.

<sup>17)</sup> *O. Abel*. Über sternförmige Erosionssculpturen auf Wüstengeröllen. Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt, Wien, 1901, p. 25.

<sup>18)</sup> *Rosenbusch*. Mikr. Physiogr. der mass. Gesteine. 1896, p. 626.

Was die grüne Farbe mancher Tektite anbelangt, so wird zwar eine solche für Obsidiane nicht gerade häufig, aber doch auch angegeben. Ich habe schon oben zwei solche Fälle erwähnt. Ein heller, grasgrüner Obsidian ist weiters von der Kirche Aas im Tale Hvítá auf Island bekannt, einen grün durchscheinenden Obsidian von Marshag Hill bei Aden führt *Niedzwiadzki*<sup>19)</sup> an. Eine gelblichgrüne oder grünlichbraune Farbe haben manche Obsidiane von Real del Monte und Otumbo in Mexiko.

Manche Marekanite — also Obsidiane — zerspringen nach *Judd*<sup>20)</sup> beim Zerschneiden plötzlich und heftig in Stücke. Ebenso verhalten sich manche Tektite, insbesondere Australite; so verhielt sich auch die von *Suess* für einen Billitonit gehaltene Obsidiankugel, welche wahrscheinlich aus Indien stammt und von *Damour*<sup>21)</sup> beschrieben wurde.

Die erheblichste Einwendung gegen den irdischen vulkanischen Ursprung der sog. Tektite ist die große Entfernung ihrer Fundstätten von tätigen oder geologisch jungen, erloschenen Vulkanen. Hier möchte ich mit *Eichstädt* an die bekannten miocänen Vulkanembryonen Schwabens oder des Ries erinnern. Nach *Branca*<sup>22)</sup> wurden aus solchen oft bloß Lapilli, Bomben und Asche ausgeworfen. Er fand auch an drei Stellen der schwäbischen Alb schwarze Gläser, welche er allerdings für künstliche oder eingeschleppte Körper hält. Leider konnte sie Herr Prof. *E. Koken*, welcher dieselben mit großer Zuvorkommenheit in der Sammlung zu Tübingen aufsuchen wollte, nicht finden. Doch hatte er die Freundlichkeit mir mitzuteilen, daß schwarze Gläser auf der schwäbischen Alb auf sehr alten prähistorischen Schmelzstätten vorkommen. — Nach *Fraas*<sup>23)</sup> kann man heute vielfach nicht mehr die Stellen erkennen, an welchen einst die Lava im Ries emporquoll.

Wollte man nun die Frage aufwerfen, ob die Tektite nicht ein Andenken an eine plötzliche, rasch wieder versiegte vulkanische Tätigkeit seien, ob sie nicht mit ähnlichen oder älteren Gebilden wie die bekannten Vulkanembryonen in Verbindung stehen könnten, deren Spuren nunmehr ganz verwischt oder von jüngeren Sedimenten bedeckt sein könnten, so müßte man allerdings zugleich zugeben, daß an den Lokalitäten, von welchen die Tektite bekannt sind, bisher keine Vulkanembryonen aufgefunden wurden, ebenso wie daselbst — wenigstens an den europäischen Fundstätten — keine jungen Eruptivgesteine auftreten.

Die einschlägige Literatur war mir insbesondere durch die Freundlichkeit des Herrn Prof. *Cyr. Ritt. v. Purkyně* zugänglich gemacht worden, wofür ich ihm herzlichst danke.

<sup>19)</sup> *O. Niedzwiadzki*. Obsidian v. Aden. Sitzber. Wiener Akad., 63, 1871, p. 594.

<sup>20)</sup> *J. W. Judd*. On marekanite and its allies. The geolog. Magazine. 1886, p. 241.

<sup>21)</sup> *Damour*. Comptes rendus. 1844, 18., p. 46.

<sup>22)</sup> *Branca*. Schwabens 125 Vulkan-Embryonen. Stuttgart, 1894.

<sup>23)</sup> *Fraas*. Beobachtungen an den vulkan. Auswürflingen im Ries. Jahresh. des Ver. für vaterl. Naturkunde in Württemberg, 1884.

## 2. Brechungsexponenten der sog. Tektite sowie einiger natürlichen und künstlichen Gläser.

Die erste Erwähnung der Brechungsexponenten der sog. Tektite finden wir bei *V e r b e e k*<sup>24)</sup> welcher den Polarisationswinkel dieser Gläser mit dem Polarisationswinkel der Mondoberfläche vergleicht. Aus den in seiner Arbeit angeführten Werten berechnete Brechungsexponenten sind:

	Polarisationswinkel:	<i>n</i> :
Zwei Billitonite . . . . .	33° 28'	1·513
Dritter Billitonit . . . . .	33° 29'	1·512
Moldawit von Korosek . . .	33° 54'	1·488

*S t a r k*<sup>25)</sup> hat nach der bekannten Beckeschen Methode bei Tageslicht den Brechungsexponenten eines Moldawits auf 1·495 bestimmt.

*S c h w a n t k e*<sup>26)</sup> hat die Brechungsexponenten eines geschliffenen Moldawits nach der Methode der minimalen Ablenkung an zwei Kanten gemessen:

	erste Kante:	zweite Kante:
Ende Roth . . . . .	1·475	1·482
Natriumlicht . . . . .	1·494	1·490
Mitte Grün . . . . .	1·501	1·494
Ende Blau . . . . .	1·514	1·502

*B e c k e*<sup>27)</sup> hat die Brechungsexponenten der Moldawite und Billitonite durch Eintauchen in eine Flüssigkeit bestimmt. Die Übereinstimmung der Brechungsexponenten der Glasstücke und der Flüssigkeit wurde durch Beobachtung eines feinen Spaltes festgestellt, welchen man in dem Falle der Übereinstimmung durch das Glasstück und die Flüssigkeit als eine gerade Linie erblickt. *Becke* führt an für:

Moldawite . . . . .	<i>n</i> <i>Na</i> = 1·488
Einen schwarzen Billitonit . . . .	<i>n</i> <i>Na</i> = 1·510

In der letzten Zeit haben *Becke* und *Suess* auch die Lichtbrechung als Kriterium in dem Streite um die Zugehörigkeit der sog. *Kuttenberger Glaskugeln* zu *Moldawiten* und *Tektiten* überhaupt benützt.

Durch eine größere Zahl genauer Messungen, welche ich an *Moldawiten*

<sup>24)</sup> *V e r b e e k*. Glaskogels van Billiton. Jaarbock van het Mijnwesen in Nederlandish Oostindie. Amsterdam. XX. 1897. p. 267.

<sup>26)</sup> *M. Stark*. Zusammenhang des Brechungsexponenten natürlicher Gläser mit ihrem Chemismus. *Tschermaks Min. Mitt.* 23, 1904, p. 546.

<sup>26)</sup> *A. Schwantke*. Die Brechungskoeffizienten des *Moldawit*. *Centralblatt f. Min.* 1909, 1, p. 26.

<sup>27)</sup> *S u e s s*. Notizen über *Tektite*. *Centralblatt f. Min.* 1909. 15. p. 466.

von verschiedenen Fundorten ausgeführt habe, wollte ich sicherstellen, in welchen Grenzen ihre Brechungsexponenten sind und ob man die optischen Konstanten bei Einreihung ähnlicher Körper in die Gruppe der Moldawite benützen könnte, welche hauptsächlich durch die Oberflächenskulptur, die Farbe und schwierige Schmelzbarkeit definiert sind. Außer den sog. Tektiten habe ich auch einige natürliche Gläser untersucht, hauptsächlich solche, welche in der Farbe den von J. Woldřich beschriebenen Obsidianen ähnlich sind, und dann auch künstliche Gläser, welche in der Farbe oder Oberfläche den Moldawiten ähnlich sind oder mit ihnen zusammen gefunden werden. Bei allen ist auch die Dichte entweder nach der gewöhnlichen hydrostatischen Methode oder mittels Suspension in Bromoform oder Acetylen-tetrabromid bestimmt worden.

Die Messung der Brechungsexponenten geschah mit einem Abbeschen Refraktometer von Zeiss im mineralogischen Institute der böhmischen Universität in Prag und ich danke dem Direktor dieses Institutes, Herrn Hofrat Dr. K. Vrba, für die Erlaubnis zur Benützung der Instrumente.

Bei einem möglichen Beobachtungsfehler von  $\pm 1'$  ist der mögliche Fehler des Brechungsexponenten in den Grenzen  $n_{Na} 1.47 - n_{Na} 1.57$  höchstens  $\pm 0.00035$ . Bei einigen schlierigen Gläsern haben verschiedene Stellen des Glases etwas verschiedene Brechungsexponenten gehabt. In solchen Fällen habe ich die Stelle der stärksten Lichtbrechung aufgesucht. Wo der Unterschied etwas größer ist, wie bei dem Billitonite, sind die Brechungsexponenten beider schon durch die Farbe und Durchsichtigkeit verschiedenen Gläser angeführt.

Ich benütze Namen und Einteilung, welche Suess eingeführt hat, bemerke aber, daß ich mich dadurch nicht zum Anhänger der Streiche-Verbeeke-Suess'schen Theorie vom kosmischen Ursprung dieser Gläser bekenne. In einzelnen Abschnitten sind die Gläser nach ihrer Dichte geordnet.

## I. Tektite.

### 1. Böhmisches Moldawite.

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
1	Radomilic, blaugrün . .	2.303	1.4764	1.4812	1.4850
2	Radomilic . . . . .	2.304	1.4792	1.4812	1.4844
3	Prabsch . . . . .	2.305	1.4769	1.4798	1.4824
4	Třebanic . . . . .	2.309	1.4792	1.4812	1.4834
5	Elhenic . . . . .	2.325	1.4820	1.4853	1.4880
6	Strp . . . . .	2.326	1.4819	1.4841	1.4867
7	Malonic . . . . .	2.333	1.4802	1.4834	1.4862

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
8	Budweis . . . . .	2·338	1·4832	1·4858	1·4874
9	Schwarzenberger Hof . .	2·342	1·4839	1·4863	1·4889
10	Strýčic . . . . .	2·352	1·4898	1·4920	1·4948
11	Slavč . . . . .	2·355	1·4893	1·4920	1·4941
12	Franckosche Ziegelei . .	2·536	1·4902	1·4930	1·4955
13	Chrašťan . . . . .	2·359	1·4893	1·4917	1·4942
14	Neuhof . . . . .	2·360	1·4939	1·4961	1·4989
15	Korosek . . . . .	2·362	1·4899	1·4917	1·4944
16	Dechtern . . . . .	2·364	1·4941	1·4956	1·4985

### 2. Mährische Moldawite.

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
17	Terůvky . . . . .	2·317	1·4846	1·4861	1·4889
18	Trebitsch	2·321	1·4866	1·4886	1·4917
19	Melkov . . . . .	2·321	1·4900	1·4925	1·4946
20	Dalešic . . . . .	2·323	1·4867	1·4890	1·4917
21	Dukovan . . . . .	2·326	1·4826	1·4856	1·4880
22	Slavic . . . . .	2·331	1·4866	1·4893	1·4917
23	Skrej . . . . .	2·339	1·4853	1·4888	1·4912
24	Mohelno	2·346	1·4891	1·4901	1·4922
25	Křemelky . . . . .	2·347	1·4853	1·4880	1·4907
26	Terůvky . . . . .	2·348	1·4866	1·4897	1·4923
27	Skrej . . . . .	2·354	1·4897	1·4917	1·4948
28	Krochoty . . . . .	2·357	1·4900	1·4921	1·4952

### 3. Billitonit und Australit.

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
29	Battu Tinggi, Dendang, Billiton. Lichteres Glas	2·463	1·5103	1·5135	1·5168
	Dunkles Glas . . . . .		1·5160	1·5193	1·5227
30	Australien . . . . .	2·386	1·4954	1·4981	1·5009

## II. Natürliche Gläser.

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
31	Guamani in Ecuador. Ein schwach rauchgrauer Obsidian . . . . .	2.336	1.4836	1.4863	1.4891
32	<i>Cali in Columbia</i> : Obsidian mit Moldawitoberfläche . . . . .	2.344	1.4829	1.4853	1.4886
33	Papayan in Columbien. Rauchgrauer Obsidian	2.352	1.4826	1.4852	1.4879
34	<i>Clifton in Arizona</i> : Obsidian mit Moldawitoberfläche . . . . .	2.355	1.4846	1.4871	1.4898
35	Sibirien. Marekanit . . .	2.358	1.4852	1.4875	1.4904
36	Tokaj . . . . .	2.379	1.4842	1.4863	1.4890
37	Marekanitähnliche Glaskugel aus Nicaragua (?)	2.383	1.4843	1.4863	1.4891
38	Real del Monte in Mexiko. Gelbgrüner Obsidian .	2.394	1.4883	1.4912	1.4938
39	Otumbo in Mexiko. Grünbraun durchscheinender Obsidian . . . . .	2.402	1.4888	1.4917	1.4941
40	Grönland. Braun durchscheinender Obsidian .	2.413	1.4933	1.4956	1.4975

## III. Künstliche Gläser.

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
41	Stradonic, Burgwall, Lichtgrüne Perle . . .	2.462	1.5123	1.5150	1.5183
42	Vysočán, Urnengrab, Grünblaues Glas . . .	2.481	1.5116	1.5144	1.5178
43	Grünes Glas aus der Umgebung von Kuttenberg	2.491	1.5171	1.5214	1.5245
44	Třebická, Urnengrab . .	2.507	1.5171	1.5198	1.5233

Nro.	Fundort	Dichte	Brechungsindex für		
			<i>Li</i>	<i>Na</i>	<i>Tl</i>
45	Krochoty. Lichtgrün. Glas mit Moldawitoberfläche	2·613	1·5411	1·5445	1·5478
46	Radomilic. Grünes Glas m. korrodierter Oberfläche	2·613	1·5411	1·5445	1·5478
47	Flaschenglas . . . . .	2·619	1·5334	1·5363	1·5396
48	Nervi in Italien. Grünes Glasgerölle . . . . .	2·644	1·5393	1·5422	1·5453
49	Untere Moldau. Gelbgrüne Kugel mit korrodierter Oberfläche . . . . .	2·652	1·5556	1·5586	1·5624
50	Baltisches Meer. Grünes Glasgerölle . . . . .	2·702	1·5727	1·5762	1·5799

Bei den böhmischen und mährischen Moldawiten sind die Unterschiede in den Brechungsexponenten nicht bedeutend. Der Brechungsindex erreicht bei keinem den Wert von 1·5 für Natriumlicht. Gleich hoch sind und in gleichen Grenzen bewegen sich die Brechungsexponenten einiger natürlichen Gläser. Dagegen sind sie bei den angeführten künstlichen Gläsern erheblich größer.

Unter den künstlichen Gläsern sind die Gläser Nr. 45, 46 und 49 besonders interessant.

Das unter Nr. 45 angeführte Glas von Krochoty bei Trebitsch hat mir Herr Prof. Z a v ř e l in Königgrätz als den einzigen blasgrünen mährischen Moldawit eingesandt. Das Glas hat tatsächlich eine ganz andere Farbe als die mährischen Moldawite und ist sogar viel lichter als die lichtesten böhmischen Moldawite und besitzt eine feine und zarte Moldawitskulptur. Wegen seiner hohen Lichtbrechung und Dichte habe ich es unter künstlichen Gläsern angeführt.

Das Glas Nro. 46 habe ich vom Herrn Ing. H a n u š erhalten, der eine große Moldawitsammlung besitzt und in der Umgegend von Budweis viele Moldawite eigenhändig gesammelt hat. Er hat das Stück als künstliches Glas bezeichnet.

Die Oberfläche zeigt die ersten Anfänge der Moldawitskulptur etwa so, wie wenn es den korrodierenden Einflüssen eines Ätzmittels nur kurze Zeit ausgesetzt gewesen wäre.

Nro. 49 ist eine kleine gelblichgrüne Glaskugel von Unter-Moldau, welche hier schon J. W o l d ř i c h erwähnt hat. Nach der genauen Beschreibung der Kuttenberger Glaskugeln zu urteilen, ist sie ihnen sehr

ähnlich. Interessant ist auch die große Ähnlichkeit der Brechungsexponenten. *B e c k e* gibt für die lichtere Kuttenger Glaskugel  $n_{Na} = 1.556$  *cm*, für diese Kugel von Unter-Moldau habe ich  $n_{Na} = 1.5586$  gefunden.

Die Lichtbrechung kann man freilich in der Tektitfrage weder zu Gunsten des kosmischen noch des natürlichen irdischen Ursprunges dieser interessanten Gläser benützen. Auffallend ist die große Ähnlichkeit ihrer Brechungsexponenten mit denen vieler natürlichen Gläser. Ich glaube jedoch, daß man die Lichtbrechung doch bei Einreihung korrodierter Gläser unter die Moldawite (böhmische und mährische) benützen kann. Ich habe außer bei den angeführten noch bei 30 Moldawiten von verschiedenen Fundorten Brechungsexponenten und Dichte bestimmt und dieselben Resultate erhalten. Die neueren und auch die alten künstlichen Gläser haben immer einen höheren Brechungsexponenten als  $n_{Na} = 1.5$  ergeben. Deswegen halte ich alle ähnlich gefärbte Gläser, wenn sie auch durch ihre Oberflächenskulptur den Moldawiten ähnlich sind und auch in ihren Fundorten gefunden werden, für künstliche Gläser, wenn ihr Brechungsindex höher oder bedeutend höher ist als  $n_{Na} = 1.5$ . Im gleichen Sinne kann man es von der Dichte mit der oberen Grenze 2.4 sagen. Die sogenannte Tektitfrage ist meiner Meinung nach noch nicht gelöst worden.

\* \* \*

Die Verteidiger des meteorischen Ursprunges der sog. Tektite halten für den schlagendsten Beweis ihrer Ansicht die eigenartige Oberflächenskulptur dieser Gläser, welche ihrer Meinung nach nur bei dem Fluge durch die Erdatmosphäre entstehen konnte. Die Verfasser dieser Abhandlung halten die zwei beschriebenen Gläser für Obsidiane irdischen Ursprunges, deren Oberflächenskulptur durch chemische Korrosion entstanden ist. Sie glauben, daß sowohl natürliche als auch künstliche Gläser eine moldawitähnliche Oberflächenskulptur annehmen können, wenn sie eine längere Zeit dem Einflusse eines Lösungsmittels ausgesetzt waren, wobei selbstverständlich die chemische Zusammensetzung des Glases, die Zeitdauer und Art der Wirkung sowie auch die chemische Zusammensetzung des Lösungsmittels eine etwas verschiedene Oberflächenskulptur erzeugen könnte.

## Erklärung der Tafel.

Fig. 1, 2, 3, 8, 9 wenig vergrößert.

Fig. 5, 6, 7, 10, 11 circa  $2\frac{1}{2}$  vergrößert.

Fig. 1, 2, 5. Obsidian von Cali in Columbia. Die gewölbte Seite.

Fig. 3, 4, 6. Derselbe, die flache Seite.

Fig. 7. Derselbe, Seitenansicht.

Fig. 8, 10. Zerschnittene Obsidianskugel aus Clifton in Arizona, kleiner Teil.

Fig. 9, 11. Dieselbe, der größere Teil.



1



2



3



4



5



6



8



7



9



10



11