

## **Rückschau und Neuere über die Tektitfrage.**

Von **Franz E. Sueß.**

(Mit drei Tafeln I—III und drei Figuren im Text.)

Vorliegender Aufsatz kann als ein Nachtrag angesehen werden zu meiner Arbeit vom Jahre 1900,<sup>1)</sup> in welcher ich mit Anschluß an Walcott und Verbeek die kosmische Herkunft der Tektite ausführlich zu begründen suchte. Er ist aus der Absicht hervorgegangen, die seit dem Jahre 1900 zerstreut veröffentlichten Meinungen und Beobachtungen über das eigenartige Problem zusammenzufassen und kritisch zu besprechen. Manche Angaben anderer Autoren waren zu erläutern und richtigzustellen; aber auch eigene Meinungen waren in einigen Einzelheiten abzuändern, daneben konnten neue Argumente geltend gemacht werden. Es mußte wiederholt auf früher Gesagtes hingewiesen werden; Wiederholungen wurden jedoch nach Tunlichkeit eingeschränkt und häufig berufe ich mich auf den Text der ersten Arbeit und die dort gegebenen Abbildungen.

Der Aufsatz war im August 1913 nahezu vollendet, als ich von Herrn W. H. Twelvetrees, Government Geologist der Geological Survey of Tasmania, eine Sendung sehr eigenartiger schlackenähnlicher Gläser erhielt, mit der Aufforderung, meine Ansicht über dieselben bekannt zu geben; die Stücke waren vom Herrn Assistent Geologist Loftus Hills am Fuße des Mount Darwin gesammelt worden. Eine Beziehung zu den Tektiten schien mir sogleich wahrscheinlich, ein endgültiges Urteil mußte aber von der chemischen Analyse abhängig gemacht werden und es schien mir zweckmäßig, die neuerliche

<sup>1)</sup> Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien 1900, Bd. 50, S. 193. — Im folgenden zitiert als Herk.

zusammenfassende Behandlung der Tektitfrage zu verzögern, bis ein Urteil über die tasmanischen Gläser abgegeben werden konnte. Auf Grund zweier chemischen Analysen, welche ich Hofrat Prof. E. Ludwig verdanke, bin ich zur Ansicht gelangt, daß die tasmanischen Gläser den Tektiten zuzuzählen sind. Ich will hier eine Zusammenfassung dessen, was mir über dieses Vorkommen durch die Güte der Herren Twelvetrees und Hills bekannt geworden ist und was ich an denselben wahrnehmen kann, der Gesamtbesprechung anschließen. In den weiteren Ausführungen namentlich über die chemische Beschaffenheit werden die Beziehungen zu den übrigen Tektiten klar werden. Mr. Loftus Hills bezeichnet die Stücke als „Darwin Glass“. Ich möchte es für zweckmäßig halten, für diese Gläser, so wie bei den übrigen Tektiten, einen vom Fundgebiete abgeleiteten Namen ähnlicher Form zu wählen. Da aber die Namen Tasmanit und Darwinit als Mineralbezeichnungen bereits vergeben sind, bezeichne ich die neuen tasmanischen Gläser nach der nächsten größeren Stadt Queens-town als „Queenstownite“.

An dieser Stelle spreche ich den Herren W. H. Twelvetrees und Loftus Hills meinen wärmsten Dank aus für die freundliche Überlassung einer Anzahl von Queenstowniten und für die Erlaubnis, von ihren ausführlichen Mitteilungen über das Auftreten dieser höchst merkwürdigen Körper für meine Veröffentlichung Gebrauch zu machen.

Herrn Hofrat Prof. Ernst Ludwig sage ich meinen wärmsten Dank für die gütige Beistellung der chemischen Analysen eines Moldaviten und zweier Queenstownite.

Herrn Dr. B. Ježek in Prag danke ich für die freundliche leihweise Überlassung seiner Ätzversuche an Moldaviten und Obsidianen.

Herr Prof. F. Berwerth stellte mir freundlichst Vergleichsmaterial von Australiten aus der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums für die beigegebene Tafel zur Verfügung. Hiefür sowie für viele bereitwillige Auskünfte sage ich ihm meinen freundschaftlichsten Dank.

\*

Die Hypothese der kosmischen Herkunft der Tektite hat wohl vielfach unbedingte Anerkennung gefunden. Ein Teil der

Fachgenossen hält sein Urteil zurück: vereinzelt wurde Widerspruch erhoben und versucht, die Herkunft der Tektite von irdischen Vulkanen glaubhaft zu machen. Die früher verbreitete Ansicht, daß die Moldavite oder andere Tektite künstlichen Ursprunges seien, wird nicht mehr vertreten.

Die meisten der Gegner und Zweifler beziehen ihre Argumente nur auf eine der Tektitarten, sei es nur auf die Moldavite oder nur auf die Australite und lassen die übrigen außer acht, oder leugnen den Zusammenhang. Die Tektitfrage ist aber einheitlich und nach unserer gegenwärtigen Kenntnis sehr scharf definiert. Die Tektite sind durchwegs Körper der gleichen Art, für die unbedingt in ihrer Gesamtheit die gleiche Abstammung anzunehmen ist.

Dunn in Australien ist unter den zitierten Autoren wohl der einzige, der die kosmische Herkunft einer Tektitgruppe — der Australite — direkt leugnet (33, 40)<sup>2)</sup>. Er verzichtet auf einen Vergleich mit den Moldaviten und Billitoniten und hält die Herkunft der Australite von irdischen Vulkanen für unzweifelhaft sichergestellt. Woldřich (14) hält das gleiche in bezug auf die Moldavite, Simpson (5) in bezug auf die Australite für wahrscheinlich.

Berwerth (28, 38, 39) und Merrill (32) haben, ebenso wie Woldřich und Ježek (14, 27, 31, 33) der Meinung widersprochen, daß die Oberflächenskulptur der Moldavite ein Argument abgebe für deren kosmische Herkunft. Merrill will die kosmische Hypothese nicht direkt bekämpfen und Berwerth, so wie Ježek, enthalten sich eines bestimmten Urteils über die Herkunft der Körper.

Skeptisch äußerte sich ferner Rzehak in verschiedenen Aufsätzen (21, 36, 37) und auch Michel (41) verbleibt zurückhaltend in seiner jüngst erschienenen, der exakten Abgrenzung der Tektitfrage bestimmten Arbeit.

Von Autoren, welche die kosmische Hypothese für sämtliche Tektite oder für einzelne Gruppen rückhaltlos angenommen und zum Teil mit neuen Gründen unterstützt haben, können genannt werden: Högbom (2), Petterd (7, 29), Twelvetrees (9), R. Beck (26), Scrivenor (15), Eich-

<sup>2)</sup> Die Ziffern beziehen sich auf das nachfolgend beigegebene Literaturverzeichnis.

städt (13), Wahl (24), Summers (16), K. Grant (17) und ferner noch Brezina (8) und Weinschenk (12, 22, 30), die letzteren beiden allerdings mit Gründen, denen ich mich nicht anschließen kann.

#### Literatur.

1. R. J. Baker, Note on an Obsidian »Bomb« from New South Wales. Journ. and Proc. Roy. Soc. N. So. Wales. Bd. XXXIV, 1900, S. 118—120, Ref. N. Jb. 1902, Bd. I, S. 370.
2. A. G. Högbom, Eine meteorstatistische Studie. Bull. of the Geolog. Inst. of Upsala. Nr. 9. Vol. V. Pt. I. 1900.
3. H. Richly, Über zwei neuentdeckte Fundstätten von Moldaviten bei Neuhaus-Wittingau. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt Wien 1901, S. 40—43.
4. O. Abel, Über sternförmige Erosionsskulpturen auf Wüstengesteinen. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt Wien, Bd. LI, 1901, S. 25.
5. E. S. Simpson, Notes from the departement Laboratory. Western Australian geolog. Survey. Perth. Bull. Nr. 6, 1902, S. 79, Obsidianites. (Mit Abbildungen.)
6. G. W. Card, Mineralogical Notes Nr. 8. Record of the geolog. Survey of N. S. Wales, Bd. VII, 1900—1903. Taf. 3, S. 218.
7. W. F. Petterd, The Minerals of Tasmania 1903, S. 6.
8. A. Brezina, Über Tektite von beobachtetem Fall. Anzeiger der kais. Akademie der Wissensch. Wien. Sitzungsber., Bd. CXII, 1904, Abt. IIa, S. 41.
9. W. H. Twelvetrees, Record of Obsidianites or Obsidian Buttons in Tasmania, 1905, Sec. for Mines, S. 20.
10. R. W. Armitage, Natural history notes. Obsidian Bombs. The Victorian Naturalist, Vol. XXIII, Nr. 5, S. 100.
11. E. I. Dunn, Obsidian Buttons, Record. of geol. Surv. of Victoria, Vol. II, 1908, S. 202.
12. E. Weinschenk, Die kosmische Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. Zentralblatt f. Mineralogie etc. Jhrg. 1908, Nr. 4, S. 737.
13. Fr. Eichstädt, En egendomlig af rent glas bestående meteorit funnen i skane, geologiska föreningsens. Förhandlingar. Stockholm. Bd. XXX. Häft 5, Maj. 1908, S. 323.
14. I. Woldřich, O otázce vitavínové. Věstník 5. sjezdu přírodopytů a lékařů českých v Praze. 1908, S. 430.
15. I. B. Scrivenor, Obsidianites of the Malay Peninsula. Geolog. Magas. London, Dez. 5. Vol. VI, S. 411.
16. H. S. Summers, Obsidianites their origin from a chemical stand-point. Proceed. Royal Soc. Victoria. Vol. XXI. (New ser.) 1909, S. 423.
17. Kerr Grant, Obsidianites-Origin from a physical stand-point. Proceed. Royal Soc. Victoria. Vol. XXI. (New ser.) 1909, S. 444.
18. A. Schwantke, Die Brechungskoeffizienten des Moldavit. Zentralblatt für Mineralogie etc. 1909, S. 26.

19. F. Hanuš, Neue Moldavittfundstätten bei Budweis. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt Wien 1909, S. 364.

20. F. E. Suess, Notizen über Tektite. Zentralblatt f. Mineralogie etc. 1909, Nr. 15, S. 462.

21. A. Rzehak, Die angeblichen Glasmeteoriten von Kuttenberg, 1909. Zentralblatt für Mineralogie etc. Nr. 15, S. 452.

22. E. Weinschenk, Zum Streit über die Echtheit der Moldavite. Zentralblatt f. Mineralogie etc., 1909, Nr. 18, S. 545.

23. F. E. Suess, Über Gläser kosmischer Herkunft. Vortrag, gehalten bei der 81. Versammlung Deutscher Naturf. und Ärzte, Salzburg, 23. Sept. 1909. Abgedruckt in »Naturwiss. Rundschau«, Braunschweig 1909, Nr. 4, S. 573—585.

24. W. Wahl, Beiträge zur Kenntnis des Tektiten von Kälna in Skane. Geol. Forenigens Förhandlingar, Stockholm. Bd. XXXI, Häft 6, 1902, S. 364.

25. A. Johnson, Beiträge zur Kenntnis natürlicher und künstlicher Gläser. Schrift. d. physikal. Gesellschaft, Königsberg. Bd. XLVII, 1910, S. 105.

26. R. Beck, Über die in Tektiten eingeschlossenen Gase. Monatsberichte d. Deutschen geolog. Gesellschaft. Bd. LXII, Jhrg. 1910, Nr. 3, S. 240.

27. B. Ježek a J. Woldrich, Příspěvek k řešení otázky tektitové. Rozpravy čes. Akad. Trída II. roč. 1910. 30 S. — (Beitrag zur Lösung der Tektitfrage), Bull. internat. de l'Academie des sciences de Bohême, 1910.

28. F. Berwerth, Oberflächenstudien an Meteoriten. Tschermak's Mineralog.-petrogr. Mitteilungen. 1910. Bd. XXIX, Heft 1 u. 2.

29. W. C. Petterd, Catalogue of the Minerals of Tasmania. Hobart. Mine Department 1910. Obsidianites or Australites, S. 125.

30. E. Weinschenk und H. Steinmetz, Weitere Mitteilungen über den neuen Typus der Moldavite. Zentralblatt für Mineralogie etc., 1911, Nr. 8, S. 231.

31. B. Ježek, O povrchu vltavínovém. Předneseno na schůzi Přír. sboru Musea král. českého. 27. dubna 1911. Příroda IX, S. 295.

32. G. P. Merrill, On the supposed origin of the Moldavites and like sporadic glasses from various sources. Proc. of the United States Nat.-Museum. Bd. XL. 1911. Washington. S. 481.

33. E. J. Dunn, Pebbles. 1911. G. Robertson & Co. Melbourne etc. pp. 34, 64, Pl. 57 u. 58.

34. B. Ježek, Dnešní stav otázky vltavínové. 41. výroční zpráva klubu přír. v Praze, 1911. se 16 obr.

35. A. Sigmund, Neue Mineralvorkommen in Steiermark und Niederösterreich. Mitteilungen des Naturwissenschaftl. Vereins f. Steiermark. Graz. Jahrg. 1911. Bd. XLVIII. S. 241.

36. A. Rzehak, Chemische Analyse eines Glases mit Rindenbildung. Zentralblatt für Mineralogie etc. 1912. Nr. 1, S. 23.

37. A. Rzehak, Über die von Prof. Weinschenk als Tektite gedeuteten Glaskugeln. Zeitschrift des mährischen Landesmuseums, Bd. XII, Heft 1, 1912, S. 40.

38. F. Berwerth, Meteoriten. In Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. VI, Jena, S. 859.

39. F. Berwerth, Fortschritte in der Meteoritenkunde seit 1900, in Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. Jena, Bd. I. 1912, S. 283.

40. E. J. Dunn, Australites. Bull. of the geolog. Survey of Victoria, 1912, Nr. 27, 23 Seiten, 17 Tafeln und Karte.

41. H. Michel, Zur Tektitfrage. Annalen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums, Wien, 1913, Bd. XXVII, S. 1.

42. A. Wichmann, On the pseudometeorite of Igast in Livonia. Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Amsterdam. Meeting, 27. Sept. 1913. Bd. XVI.

43. F. Dvorský, Zpráva o dvou nových nalezištích vltavínů. Časopis Morav. Museum. Brunn r. 1914, S. 1, (Tafel I—IIV)<sup>1)</sup>.

## I. Verbreitung.

### a) Moldavite.

Zwischen den beiden Hauptfundgebieten der Moldavite, dem von Budweis in Böhmen und dem von Trebitsch in Mähren, war schon seinerzeit durch Woldfich sen. ein vereinzelter Fund bei Neuhaus, nordöstlich von Wittingau, bekannt geworden. Dies blieb bisher das einzige Anzeichen einer Verbindung zwischen beiden Vorkommnissen, und auch in letzter Zeit sind keine neueren Funde bekannt geworden, welche die Lücke von ca. 110 km Länge ausfüllen würden. Das Netz der Funde in der näheren Umgebung von Budweis wird nach den Nachrichten von Richly (2) und Hanuš (19) etwas verdichtet. Nach neueren Angaben des Entdeckers der mährischen Moldavite Prof. F. Dvorský in Brunn (43) dehnt sich das mährische Gebiet weiter gegen W und SW aus, neue Fundpunkte in dieser Richtung sind Kojetitz bei Startsch und Laukowitz bei Jaromeritz.

Dagegen wurden weit außerhalb der bisher bekannten Gebiete vereinzelt Moldavitfunde gemeldet. Wie mir Herr Prof. A. Rzehak brieflich mitteilte, wurden nach Angaben des Herrn Lehrers zwei Moldavite bei Grubbach in Südmähren „im Gerölle“ gefunden. Einer derselben befindet sich im Museum in Znaim, der zweite in der Schule in Grubbach. Das Krahuletz-Museum in Eggenburg in Niederösterreich besitzt einen runden

<sup>1)</sup> Dieser Aufsatz ist mir erst während der Korrektur zugekommen.

Moldavit von 104 g Gewicht, das zweitgrößte Exemplar, das mir bekannt geworden ist (das größte Stück von Trebitsch wog 121 g). Nach den bestimmten Versicherungen des Herrn Johann Krahuletz wurde dasselbe zu Stranig bei Eggenburg gefunden. Ferner meldete Prof. A. Sigmund (35) einen Moldavitefund von Stainz bei Graz; das etwas abgerollte, abgeplattet ellipsoidische Stück (54 bis 38 mm) gleicht ganz den böhmischen Moldaviten; es befindet sich in der Sammlung des Joanneums in Graz und wurde nach verlässlichen Erkundigungen gelegentlich eines Wegbaues eine Spanne tief unter der Erde angetroffen.

Die beiden Stücke von Graz und Eggenburg habe ich gesehen; es sind besonders große und schöne Exemplare. Ein Umstand, der nach meiner Meinung geeignet ist, die Fundortsangaben glaubhafter zu machen. Denn ein auffallendes Objekt wird eher die Aufmerksamkeit des Finders erregen, als ein kleiner Splitter; auch wird es eher vom Besitzer in Evidenz gehalten werden und eine zufällige Verschleppung nicht so leicht vorkommen.

Bestätigen sich diese Angaben, so ergibt sich, daß die Reste des Streu kegels der Moldavite — denn nur um einen solchen kann es sich nach der Art der Verteilung der Funde handeln — an Ausdehnung nicht mehr so sehr zurückstehen gegenüber den Streuflächen der außereuropäischen Tektite; freilich werden diese noch nicht im entferntesten erreicht.

Herr Dr. J. Bayer fand im Löß der paläolithischen Station von Willensdorf bei Spitz an der Donau (Niederösterreich), zusammen mit anderen bearbeiteten Gesteinssplittern drei kleine, künstlich abgesprengte Splitter, die von Professor Berwerth sogleich als Moldavite erkannt wurden. Sie sind schon vor etwa 25.000 Jahren dem Menschen des Aurignacien aufgefallen. So wie diese Stücke, könnte möglicherweise auch das steirische Exemplar in vorhistorischer Zeit aus dem böhmischen Fundgebiete verschleppt worden sein.

#### b) Billitonite.

Bis 1909 waren Billitonite in folgenden Gebieten bekannt geworden: auf der Zinninsel Billiton, im südlichen Java, im südöstlichsten Borneo und auf der Insel Bunguran im Natonaarchipel. In neuerer Zeit berichtete nun Scrivenor (15)

über mehrere Fundpunkte auf der malayischen Halbinsel. Nach seinen Angaben stimmen die Stücke der Gestalt nach vollkommen mit den Beschreibungen der Stücke aus Holländisch-Indien von Verbeek und Krause. Sie finden sich in den Zinnseifen des Blat- und Gampang-Tales im Distrikt von Kuantan, Pahang. Ein Exemplar stammt aus der Sudu Seremban-Zinngrube, Negri Sembilan. Auch an anderen Punkten von Negri Sembilan, zu Gemas und am Triang River sollen sie gefunden worden sein. Sie liegen im sandigen „Alluvium“<sup>1)</sup> vergesellschaftet mit wenigen Geröllen, zumeist von Quarz, die in dem Gebiete anstehend gefunden werden. Der Streukegel der Billitonite erstreckt sich nach diesen Angaben vom südöstlichen Borneo bis Pahang, über weit mehr als 1500 km.

### c) Australite.

Dunn gibt in seinem Aufsatz (40) eine Karte und eine Liste der Australitfundpunkte. Man sieht, daß sie über die ganze Breite des südlichen Australiens verbreitet sind, und zwar am dichtesten gedrängt in Nord-Tasmanien, Süd-Viktoria und in den Coolgardie- und Kalgoorlie-Golddistrikten Westaustraliens. Es sind dies zugleich die Gebiete mit dichter Bevölkerung und lebhaftem Minenbetrieb. Nur ein Exemplar wurde noch nördlich des Wendekreises (21°), in Westaustralien, nahe der Küste, aufgefunden. Auch aus Queensland wird, trotzdem sich dort viele Gruben in den Alluvien befinden, nur ein Exemplar angegeben, u. zw. aus dem südlichen Teile des Staates. Aus dem minenreichen Gippsland an der Küste von Süd-Viktoria ist noch kein Stück bekannt geworden.

In den einzelnen Fundgebieten werden die Australite in sehr ungleicher Häufigkeit angetroffen. So sind sie über das ganze Gebiet von New South Wales spärlich verstreut, ebenso in Süd-Australien. Am häufigsten fanden sie sich in westaustralischen Goldfeldern.

Es ist lange bekannt, daß die Australite in allen Höhen, bis 3000 Fuß (in den Grampians) und ebensowohl frei an der Oberfläche, als in den Alluvien, eingebettet (in einem Falle — in Rokwood — sogar in 30 Fuß Tiefe) aufgefunden wurden.

---

<sup>1)</sup> Die billitonitführenden Zinnseifen auf Billiton hält Verbeek für pleistozän oder mindestens diluvial.



Ein Fund — zu Mafeking — in pliocänen Ablagerungen der Grampians, in 62 Fuß unter der Oberfläche, bedarf noch der Bestätigung. Nach Petterd (29) werden die Australite von Tasmaniten nicht selten an einzelnen Stellen in Gruppen oder Nestern zu größerer Zahl (17 bis 50), von verschiedener Gestalt und Größe vereinigt aufgefunden. Die bisher bekannte Australitregion wird durch den Fund am Vall River nordwärts erweitert, im übrigen werden die Fundstellen nur verdichtet.<sup>2)</sup> Weitere Funde sind zu erwarten, da große Gebiete von Australien gänzlich unbewohnt sind und nur selten von europäischen Reisenden besucht wurden.

Nach den vorliegenden Angaben scheinen weder die Australite noch die Billitonite in solcher Menge an einer Stelle gehäuft aufzutreten, wie die Moldavite der Gegend von Budweis: ein Umstand, der m. E. dafür spricht, daß die letzteren, die ja durchwegs als Bruchstücke leicht kenntlich sind, von der Zertrümmerung größerer Glasmassen herrühren.

### c) Schonit.

Den drei älteren Haupttypen der Tektite kann als weiterer Typus der Schonit angereiht werden. Er ist nur durch ein Glasstück vertreten, welches vor längerer Zeit am Hofe Kälna, im Kirchspiel Starby, Provinz Kristianstad, Schonen, gefunden wurde. Fr. Eichstädt (13, 20) hat es zuerst als einen aus reinem Glas bestehenden Meteorit beschrieben. Er und W. Wahl (24) hatten aus der feingefaltelten Schmelzrinde, welche das dunkle Glasbruchstück allseitig

<sup>2)</sup> Dunn (40) erwähnt in seinem ausführlichen Fundortverzeichnis nicht Neu-Seeland. Auch fand ich einige Male in der Literatur die ausdrückliche Bemerkung, daß Australite auf Neu-Seeland nicht gefunden wurden. (S. Walcott, Roy. Soc. of Victoria 1898, S. 45.) Sonderbarerweise gibt die Etikette zu dem auf Tafel I, Fig. 1 dieser Arbeit abgebildeten trefflichen Exemplare aus dem naturhistorischen Hofmuseum die Fundortsangabe: Mayor Island, Coast. N.-Island, New Zealand. — Die Schrift ist von der Hand Direktor Brezinas, aus dessen Privatsammlung das Stück stammt. — Summers (16), S. 411, zitiert folgende Bemerkung Dr. Marshalls aus Neu-Seeland: „I think I can say without any qualification that there is no record whatever of the occurrence of such objects in New Zealand. Of course you are aware that obsidian as a rock, occurs at many localities, notably at Mayor Island Rotorua and near Whangaroa, but even in these districts I have seen no obsidian bombs, to say nothing of obsidianites.“

überzieht, mit Sicherheit dessen meteoritische Herkunft erwiesen. Von seiner Form und Oberfläche wird unten noch einmal die Rede sein.

\*

Brezinas (8) Angaben über Tektite von beobachtetem Fall haben sich nicht bestätigt. Sie sind auch von mir in früheren Aufsätzen (20, 23) nicht akzeptiert worden. H. Michel (41) konnte zeigen, daß das angeblich bei Igast in Livland 1885 gefallene Stück eine künstliche Schlacke ist. Wichmann (42) verglich sie mit den Schlacken, welche beim Verbrennen großer Heu- oder Strohhaufen zurückbleiben. Der Fall von Halle an der Saale 1904 ist nach Michel ein künstliches Glas. Der angebliche Meteorit der Haller Heide 1883 ist eine glasreiche Lava mit Leucit, Plagioklas, Pyroxen, Magnetit, Apatit und Olivin, ganz gleich vielen Vesuvlaven.

Weinschenk hat irrtümlicherweise verschiedene angewitterte künstliche Glaskugeln aus Böhmen zuerst als Moldavite und später als eine neue Art Tektite bezeichnet (11, 21, 29). In Gestalt, Farbe, Substanz, Oberflächenbeschaffenheit, Lichtbrechung sind sie gänzlich verschieden von den Tektiten, mit denen sie überhaupt nur die glasige Beschaffenheit gemein haben (19). Die angebliche Schmelzrinde, die Weinschenk als den Beweis der kosmischen Herkunft ansah, ist wie Rzehak ausführlich gezeigt hat, eine Verwitterungsrinde, wie sie an künstlichen Gläsern nicht selten auftritt (20, 36). Auch die untereinander recht schwankenden chemischen Analysen dieser Glaskugeln lassen sie mit Sicherheit als Kunstprodukte erkennen (Weinschenk 29, Rzehak 35, 36). Im übrigen verweise ich auf die überzeugenden Ausführungen von Rzehak (18, 20, 36) und die Bemerkungen zu den Zitaten bei Michel (40).

So gesellt sich zu den nicht allzu seltenen „Pseudometeoriten“ auch schon eine Anzahl „Pseudotektite“. Die äußere Ähnlichkeit der Substanzen erleichtert besonders die Verwechslung verschiedenartiger Gläser; aber bei genauer Untersuchung gestattet die konstante und höchst charakteristische chemische Beschaffenheit mit Sicherheit eine Abtrennung der Tektite — sowohl von künstlichen Gläsern, als auch von irdischen Vulkanprodukten.

## II. Gestalt und Oberfläche.

### a) Moldavite.

In meiner Schrift vom Jahre 1900 wurden wichtige Folgerungen an die Eigenheiten der Moldavitskulptur geknüpft. Dieselbe besteht aus Furchen und Kerben, die bei typischer Ausbildung gleichartig bleiben über die ganze Oberfläche und in ihrer Anordnung abhängig sind von der Gestalt der Stücke. Wie ausführlich dargetan wurde, folgen sie mit ihrer Längserstreckung den Luftabströmungslinien. Auf flachen Scheiben entstehen zumeist beiderseits symmetrische Zeichnungen. Die Furchen streben auf den Flächen gegen außen und erzeugen dadurch unbestimmt sternähnliche Figuren, auf den schmälern Seiten der Scheiben stehen sie senkrecht zum Äquator. Je feiner die Furchenskulptur entwickelt ist, desto vollkommener ist sie an die Unebenheiten der Oberfläche angepaßt.

Diese und andere Momente, auf die ich unten noch zurückkomme, widersprachen der Auffassung der Moldavitskulptur als Ätzungserscheinung.

Weitere Vergleichspunkte wurden gesucht. In den Meteoriten, deren Gruben und Furchen, die „Piëzoglypten“ von Daubrée, als Ausbrennungskanäle der durch raschen Flug des Körpers hochgradig komprimierten und erhitzten Luft, gedeutet worden waren; — in Wüstensteinen, auf denen der Wind gestreckte Gruben und Kanäle, den Luftabströmungslinien gemäß, erzeugt hatte, und ferner in den Skulpturen, welche ein heißer Dampfstrahl auf ruhigen und bewegten Kolophoniumkörpern aufzeichnete, schien Verwandtes vorzuliegen.

Es zeigte sich, daß auch durch die Versuche im Sinne der Luftabströmung gestreckte Gruben erzeugt werden konnten. Hieraus wurde geschlossen, daß die Moldavitskulptur in ihrer typischen Ausbildung, analog den Piëzoglypten der Meteoriten durch die Einwirkung der komprimierten Luft auf die Oberfläche der Gläser, während eines Falles mit kosmischer Geschwindigkeit entstanden seien.

Seit jener Zeit sind neue Auffassungen über die genannten Vergleichsobjekte aufgetaucht. F. Berwerth (28, 38, 39) wandte sich energisch gegen Daubrées Piëzoglyptentheorie. Die Deutung der Rillensteine der Wüsten als äolische Korrosionsformen wurde von Walther bezweifelt; er sowie auch

Escher halten sie für Erzeugnisse einer Ätzung durch im Boden zirkulierende Wässer. Merrill (32), Ježek 27, 33) und Woldrich (27) haben angewitterte Obsidiane und künstlich geätzte Gläser abgebildet, deren Oberflächenbeschaffenheit viele Analogien zeigt mit der vieler Moldavite, wenn auch nicht gesagt werden kann, daß hier typische Moldavitskulptur zur Darstellung gebracht wurde.

Diese neueren Erfahrungen verlangen eine neuerliche Prüfung der älteren Schlußfolgerungen. Sie sollen nun der Reihe nach in ihren Beziehungen zur Frage der Moldavitskulptur besprochen werden.

Am 10. Jänner 1910 hielt Prof. F. Berwerth in der Mineralogischen Gesellsch. in Wien einen Vortrag über „Oberflächenstudien an Meteoriten“ (28). Er leugnete die Fähigkeit der komprimierten Luftgase auf der Oberfläche der Meteoriten Gruben auszubohren. Die Vertiefungen auf den Meteoriten sind „Rhegmaglypten“, das ist „durch Bruch ausgehöhlt“. Die Steine zerbersten während des Falles und verlieren ihre scharfen Kanten durch Abschmelzen in verschiedenem Grade, je nach der Dauer der Flugstrecke. Kantige Bruchstücke werden zu knolligen, nur mit geebneten Primärflächen umgebenen Körpern umgeformt.

Im weiteren führte Prof. Berwerth aus, wie sehr sich die Formen und Skulpturen der Moldavite von denen der Meteorite unterscheiden. Wohl sind die Moldavite gleich den echten Meteoriten größtenteils Bruchstücke einer größeren Masse. Aber die Stücke der beiden Hauptfundkreise bei Budweis in Böhmen und bei Trebitsch in Mähren unterscheiden sich ganz merklich der Gestalt nach. Dort wurden hauptsächlich scherbenartige Bruchstücke, hier mehr polygonale, kreisrunde oder ellipsoidische, scheibenförmige und auch zapfenförmige Stücke gefunden. Innerhalb eines Meteoritenstreukegels fand man bisher immer nur gleichartig geformte Stücke und eine Anordnung derselben, nur nach Gewichts- und niemals nach Formverhältnissen.

Dazu kommt der geradezu erstaunliche Reichtum an verschiedenen Formtypen unter Moldaviten. Die Formverschiedenheit der Moldavite untereinander ist viel größer, als zwischen den sonst so verschiedenen Massen der Meteorsteine und Eisen. Es wäre nicht möglich, die einzelnen Stücke wie

bei den Meteorsteinen in gesetzmäßiger Folge aneinanderzureihen. Mittelglieder zwischen den beiden Extremen, dem fetzigen Splitter und dem Ellipsoid, wären nicht auffindbar.

Wenn sich, wie angenommen werden müßte, der kosmische Glasblock bei der Zerspaltung in starrem Zustande befand, so müßte man, da der Glasbruch glatte Flächen liefert, in der Atmosphäre wieder ebene oder zum mindesten skulpturenarme Flächen erwarten. Im Gegensatz hiezu findet man auf den Moldaviten keine Schmelzrinde, kein Anzeichen einer Abschmelzung oder Rindenbildung („es fehlt das typische meteorische Gewand“), hiefür aber findet man die sogenannte „zerhackte“ Oberfläche.<sup>3)</sup>

Prof. Berwerth charakterisierte ferner in Kürze die Eigenschaften der „Moldavitskulptur“. Er anerkennt eine gewisse Abhängigkeit des Verlaufes der Hauptfurchen und Kerben von der Gestalt, und betont insbesondere die manchmal bis zur Schneidigkeit reichende Schärfe der zwischen den Gruben stehengebliebenen Rippen und Zacken, und das Vorkommen nesterartiger Löcher und zentimetertiefer zahnstocherartiger Vertiefungen.<sup>4)</sup> Da die Abschmelzung auf Meteoriten die Kanten stumpf macht, scheint auch eine entfernte Ähnlichkeit mit der Schneidigkeit und Zerrissenheit der Kanten der Moldavite ausgeschlossen.

Die Moldavitskulptur wird demnach als ein Produkt der chemischen Korrosion bedingt durch die lokalen Verhältnisse des Fundgebietes erklärt. Lokale Färbung lassen auch Gestalt und Oberfläche der Billitonite und Australite verspüren; während eine kosmische Abstammung nach Berwerths Ansicht eine uniforme Ausgestaltung der Glasstücke verlangt. Der Vergleich mit echten Meteoriten führt nach Berwerth zur Entscheidung, „daß den jetzigen Oberflächen der Moldavite und wohl auch der Billitonite und Australite die Zeichen himmlischer Abkunft nicht aufgebrannt sind“.

Bei anderer Gelegenheit (39, S. 284) verwies Berwerth auf den Vergleich Abels zwischen Moldavitskulpturen und

<sup>3)</sup> Nicht bei allen, nur bei einer Gruppe der böhmischen Moldavite. (d. Verf.)

<sup>4)</sup> Es handelt sich hier um aufgebrochene, in die Länge gezernte Blasenräume, nicht um Korrosionserscheinungen. S. Herkunft, S. 303 u. 304, Fig. 28 u. 29 u. (d. Verf.)

Wüstengeröllen und erwog die Möglichkeit, daß die Skulpturen der Moldavite im Wüstenklima entstanden sein können. Er bemerkt aber hiezu, daß auch in diesem Falle die Herkunft der Moldavite in Dunkel gehüllt bleibt.

Auf einige Bemerkungen, mit denen ich mich an der dem Vortrage Berwerths angeschlossenen Diskussion beteiligt habe, sei hier in Kürze hingewiesen.

Der unmittelbare Vergleich zwischen Moldaviten und Meteorsteinen oder -eisen ergibt gewiß keine Anhaltspunkte zugunsten des kosmischen Ursprungs. Die Substanzen beider Körper sind zu verschieden, als daß sich eine nahe Analogie bei der Umgestaltung durch den Luftstrom erwarten ließe.

Das Glas besitzt ein viel größeres Wärmeleitungsvermögen und ein weit größeres Schmelzintervall als die kristallinen Meteoriten.

Bei diesen vollzieht sich der Übergang aus dem starren Zustande in den dünnflüssigen recht unvermittelt und unter Wärmebindung. Die abgeschmolzene Haut wird zum Teil im Fluge entfernt und die restlichen inneren Teile der Stücke, welche nach mannigfachem Zerfall und teilweiser Abschmelzung zur Erde gelangen, bestehen fast nur aus der ursprünglichen unveränderten Substanz.

Stäbchen von Billitonit biegen sich nach Bruns-Versuch (s. R. Beck 26, S. 242) bei 806° unter leichtem Drucke; bei 874 bis 883° C (ohne Anwendung von Druck); sie füllen die Form des Tiegels bei 1044 bis 1055°. Moldavite zeigten nach Bareš (s. Herkunft S. 247) bei 960 bis 1000° noch keine Anzeichen von Schmelzung, bei 1250° überzogen sie sich mit einer schön grauen, ganz undurchsichtigen Schicht; erst bei 1400° werden sie vollkommen ungeschmolzen. Der Schmelzpunkt von Australiten wurde im physikalischen Laboratorium der Universität Melbourne mit 1324° C und deren spezifische Wärme mit 0.21 bestimmt (Kerr Grant 17, S. 447). Die Gläser durchlaufen innerhalb eines Spielraumes von mehreren hundert Graden alle Zwischenstufen vom vollkommen spröden zum zähplastischen und bis zum dünnflüssigen Zustande und es wäre wohl denkbar, daß der verschiedene Grad der Erweichung, bedingt durch verschiedene Umstände während des Falles, wie Dauer, Geschwindigkeit, Größe der Bruchstücke und mehr oder weniger beschleunigter Zerfall, die Formgebung in

hohem Grade beeinflussen; es ist demnach wohl verständlich, daß die zersprengten Glasstücke eine weit mannigfaltigere Gestaltung aufweisen, als die bis zuletzt vollkommen starr bleibenden Reste der abgeschmolzenen Steine oder Eisen.

Aus obigen Daten läßt sich noch nicht mit Bestimmtheit entnehmen, ob, wie ihre geringere Azidität vermuten läßt, gerade die Australite und Billitonite leichter schmelzbar sind als die Moldavite. Genauere Untersuchungen in dieser Hinsicht wären sehr erwünscht.

Die Australite waren zur Zeit ihrer Bildung verflüssigt und nach *Kerr Grants* Ansicht (17, S. 447) genügte es, falls die Körper mit meteorischer Geschwindigkeit von 40 Meilen per Sekunde in Atmosphäre eintraten, daß nur ein Perzent der Energie durch Reibung in Wärme umgewandelt und im Körper festgehalten wurde, um ihn bis zum Schmelzpunkt zu erwärmen und auch vollkommen zu verflüssigen.

Mag es auch vorläufig nicht sicher erwiesen sein, daß die Blasen und Rotationsformen der Australite erst während des Niederfallens in der Atmosphäre entstanden sind, so zeigen doch die Rückstauringe in ihrer unteren Hälfte (s. unten S. 75), daß sie sich während des Niederfallens wenigstens teilweise im flüssigen Zustande befunden haben.

Auch die Billitonite haben in einzelnen Fällen die unter den Australiten verbreitete Gestalt von Glockenschwengeln (s. unten) und sind trotz ihrer scharf eingefurchten Skulptur als Rotationsformen einer wahrscheinlich zähflüssigen Masse zu erkennen.

Die Moldavite dagegen sind, wie erwähnt, größtenteils scharfkantige, häufig schalige Bruchstücke; ohne Anzeichen eines Überganges in den flüssigen Zustand.

Falls *Daubrées* Piëzoglyptentheorie, im Sinne von *Berwerths* Ausführungen, gänzlich hinfällig wird, so wird auch der Deutung der Moldavitskulptur eine wichtige Stütze entzogen. Auch will ich gerne zugeben, daß ich vor 15 Jahren, als ich von dem Gegenstande sehr in Anspruch genommen war, in spekulativen Versuchen alle Einzelheiten der Moldavitskulptur zu erklären, zu weit gegangen bin. Doch glaube ich, daß man bei einigen Meteoriten doch Ausfurchungen und Kerben sehen kann, die nicht durch Herausfallen leichter schmelzbarer Einschlüsse entstanden, sondern als wahre Ausbrennungs-

kanäle aufzufassen sind. Ich verweise auf das in Herk. S. 344 abgebildete Stück von Zawid (nicht Slika) in Bosnien.

So glaubte auch Cohen, daß die tiefen Furchen auf dem Eisen von N'Goureyima, die dem Stücke ein pockennarbiges Aussehen verleihen, nicht durch Ausschmelzung von Troilit entstanden sind, sondern Erosionswirkung der heißen Luft in der durch Hitze erweichten Masse darstellen. Die Durchschmelzung hat stellenweise sogar zur Durchlochung geführt.<sup>5)</sup> Wie ich schon einmal hervorgehoben habe, haben die zahlreichen Bruchstücke des Falles von Stannern wohl die scharfen Kanten des Bruches durch Abschmelzen verloren; sie wurden durch gerundete Umrisse ersetzt; die frische glasige Schmelzhaut aber zeigt ein feineres oder gröberes Netzwerk, in welchem die zarten scharfkantigen Rippen erhalten geblieben sind. Auch sie wurden durch Abschmelzung erzeugt; im gewissen Sinne sind die Rippel-Marks vergleichbar, entstanden unter dem Einflusse des über das zähflüssige Glas hinstreichenden scharfen Luftstromes.

O. Abel (4) beschrieb sehr interessante „Rillensteine“ von der Oase Biskra. Die Stücke sind flach scheibenförmig und zeigen auf beiden Seiten sehr regelmäßige sternförmige Skulpturen. Abel verwies auf die große Analogie mit den symmetrisch sternförmigen Zeichnungen auf beiden Seiten flachscheibenförmiger Moldavite. An bezeichnenden Stücken sind hier wie dort die Furchen in gleicher Weise angeordnet: „im zentralen Teile der Scheibe labyrinthartig durcheinander laufend, oft auch streckenweise gebogen, graben sie sich gegen den Rand zu auseinanderstrebend, besonders tief ein. Am Rande stehen sie senkrecht . . .“ Hier wie dort sind auf der Gestalt der Stücke die „Luftabströmungslinien“ abgezeichnet. Da Abel der Ansicht ist, daß die Skulptur dieser Steine durch Luftangriff auf die im Wirbelsturm rotierenden Stücke erzeugt wurde, erkennt er in diesen Stücken ein wichtiges Argument zugunsten der Ansicht, daß auch die sternförmigen Moldavitskulpturen durch energische Korrosion der Luft auf die rotierenden Scheiben entstanden sind. Wenn auch der Wüstenwind kaum imstande sein mag, die Steine zum rotieren zu bringen, wenn auch hier jahrtausendlange Angriffe auf die im Laufe der Zeit wiederholt durch Sturmwind umgewendete

<sup>5)</sup> Mitteilungen des nat. Ver. für Neu-Pommern u. Rügen. Bd. 32, 1901.



Stücke, vielleicht auch in leichtem Abhub durch Angriff an der Ober- und Unterfläche zugleich,<sup>6)</sup> gewirkt haben mag, so würde doch durch diese Auffassung Abels Argumentation nicht an Bedeutung verlieren.

Wie bereits Abel richtig bemerkte, geht es jedoch nicht an, zu schließen, daß die Moldavite ihre gegenwärtige Skulptur in einem Wüstenklima erworben hätten, denn es besteht noch ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden. Die Skulptur der Moldavite ist durchwegs aus einzelnen gleichgroßen, scharf begrenzten, in die Länge gestreckten Kerben zusammengesetzt: die Skulptur dieser Rillensteine (oder Rieselsteine) besteht dagegen aus zarten kontinuierlich sich verzweigenden Rinnen zwischen denen kürzere und schmalere Rücken stehen geblieben sind (s. Herk. S. 341). Das Bild, welches die jahrtausendlange Wirkung des Wüstenwindes erzeugt hat, wäre wohl in den Hauptzügen analog, aber durchaus nicht identisch mit der Zeichnung, die der kurze aber heftige Angriff auf den Moldaviten bewirkte.

Allerdings wird die Entstehung der Rillensteine durch Windschliff in neuerer Zeit bezweifelt. Walther,<sup>6)</sup> der früher auch den Sandwind für wirksam hielt, gelangte auf späteren Reisen zu der Ansicht, daß die Rillen durch Ätzwirkung aufsteigender Lösungen entstehen, die sich in der Nähe der Oberfläche konzentrieren. Sie sind im Tonboden entstanden; noch während der Einbettung durch den Wind wurden sie bloßgelegt und allmählich immer mehr verwischt. Dieser Ansicht haben sich auch Escher und Keßler<sup>7)</sup> angeschlossen. Sie fanden Rillensteine auch außerhalb der Wüsten in Hochgebirgen und feuchten Klimaten; die von ihnen erwähnten Stücke sind allerdings von den Rillensteinen Abels recht verschieden. Sie zeigen keine Sternzeichnungen, oft zeigen sie die Skulptur nur auf einer Seite.

Passarge<sup>8)</sup> dagegen meint, daß die Rillen nur auf der freigelegten Oberfläche vorkommen und meist auf der im Boden steckenden fehlen.

<sup>6)</sup> J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung. 2. Auflage, Leipzig 1912, S. 125.

<sup>7)</sup> B. G. Escher, Über die Entstehung des Reliefs auf den sogenannten „Rillensteinen“, Geol. Rundschau. Bd. IV. 1913, S. 1. — P. Kessler, Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima. Ebd. S. 413.

<sup>8)</sup> Passarge. Geol. Charakterbilder, herausgef. von H. Stille. Heft 17. Die Trockengebiete Algeriens. Taf. 3.

Mit der Auffassung der Skulptur als Ätzung, wird nur vorläufig, die symmetrische Sternzeichnung auf beiderseits flachen Stücken die Anordnung der Furchen nach den Luftabströmungslinien nicht verständlich.

Eine Entscheidung in dieser Frage wird noch abzuwarten sein. Im übrigen beweisen, außer den von mir durchgeführten Experimenten an Kolophoniumstücken, auf welche ich hier verweisen möchte (s. Herk. S. 348 bis 355) noch zahlreiche Wüstensteine und Dreikanter (s. z. B. den Fig. 4, Taf. II bei Abel l. c. abgebildeten Dreikanter und W. Pfannkuch, Die Bildung der Dreikanter. Geolog. Rundschau, Bd. IV, 1913, Taf. X), daß Luftangriff ohne Zweifel imstande ist gestreckte Kerben und rundliche Gruben auszuhöhlen.

Merill (32), J. N. Woldřich jun. (14, 27, 31, 33) und Jeřek bringen Beschreibungen und Abbildungen, welche dar- tun sollen, daß Moldavitskulptur auch auf gewöhnlichen Obsi- diangeröllen vorkommt. Es ist bedauerlich, daß Merill, wie aus seinen Abbildungen und Bemerkungen zu ersehen ist, keine frischen, sondern nur im Wasser abgerollte und angewitterte Exemplare zur Verfügung standen, an denen eine ursprüngliche Skulptur stark verwischt ist. Solche Stücke sind zwar unter den Moldaviten keineswegs selten (s. Herk. S. 255), aber zum Vergleiche durchaus ungeeignet. Seine Abbildungen der Moldavite, Fig. 4 bis 6, sind durchaus untypisch, ebenso die ab- gebildeten Billitonite und Australite. Immerhin erkennt man an Fig. 3 noch die für Billitonite charakteristischen Höfchen.

Zum Vergleiche mit diesen werden Obsidianstücke von Cali in Columbia, von Clifton in Arizona, von Marsh in Idaho, von High Rock Canyon, Nevada und von Myvatn, Island, ab- gebildet. Die beiden Stücke, an welchen Jeřek seine Beweis- führung knüpft, stammen ebenfalls von Cali und Clifton.

Merill bildet ferner zum Vergleich noch eine durch Flußsäure geätzte Obsidiankugel ab, und Jeřek gibt an, daß er durch Ätzung glatter Moldavitflächen Moldavitskulptur er- halten hätte. Herr Dr. Jeřek hatte überdies die Freundlich- keit, mir einige seiner geätzten Moldavit-, Glas- und Obsidian- stücke zur Ansicht zu überlassen. Sie sind sehr lehrreich und wohl imstande meine Meinung über die Oberflächenbe- schaffenheit der Moldavite abzuändern.

Aber an keinem der dargestellten Stücke kann ich die eigentlichen Merkmale der Moldavitskulptur erkennen. An keinem sieht man die gleichartige Entwicklung der Kerben über die ganze Fläche, oder eine flächenweise Ordnung der Skulptur, wie an den Kernstücken, an keinem nur eine Andeutung der Abhängigkeit der Skulptur von der Form oder einer symmetrischen Zeichnung.

Obsidiane mit den Skulpturmerkmalen von Fig. 3, 5 und 6, Taf. 62, deren tiefe Kurven Merrill mit der Skulptur der Billitonite vergleicht, waren mir zur Zeit meiner früheren Studien wohl bekannt. Ich erwähnte, daß bei Moldaviten, als untrügliche Anzeichen der Korrosion, ringförmige und halbmondförmige Sprünge auftreten, ausgefüllt mit einer gelblichen Lehmsubstanz, und fügte hinzu: „Ähnliches sieht man im selben oder auch in viel größerem Maßstabe häufig an zersetzten Obsidianen, deren Oberfläche unter Umständen auf mehrere Millimeter Tiefe durch solche haardünne Einrisse oder breitere, mit Lehm oder Zersetzungsmaterialie ausgefüllte sichelförmige oder kreisförmige Gruben zerrissen ist; oft stehen sie unregelmäßig verteilt, oft in eng gedrängten Reihen hintereinander; oft ist die Oberfläche durch den Reichtum solcher Aufrisse vollkommen zerstört. An den Moldaviten ist aber diese Zersetzung nie so weit gegangen.“ (Herk., S. 251.)

Im weiteren habe ich erwogen, ob man zur Deutung dieser kreisförmigen Verwitterungsskulpturen kryptoperlitische Struktur des Glases annehmen muß.

In diese Gruppe der Verwitterungserscheinungen gehören die von Merrill abgebildeten Obsidianskulpturen von Clifton, High Rock Canyon und Myvatn; ebenso das Stück von Clifton bei Woldrich und Ježek (27, Fig. 9, S. 10) und die Glas- und Obsidiankugeln daselbst (Fig. 11 bis 14, S. 11). Die von Ježek (Fig. 7 und 8, S. 9) abgebildeten Glaskugeln sind desgleichen typische Beispiele für Entglasungsringe.

Ähnliches gilt für die Stücke von Cali. Sie zeigen nur ganz unregelmäßige Ätzungserscheinungen. In Fig. 1 und 6 bilden Ježek und Woldrich ein flaches Obsidianstück ab, dessen ursprünglich matte Oberfläche teilweise angefressen und mit ganz unregelmäßigen Gruben besetzt ist.

Wie sich Moldavitskulptur zum Effekte einer Ätzung verhält, habe auch ich bereits seinerzeit zu prüfen gesucht. Unter

anderem habe ich auch, um den natürlichen Verhältnissen näher zu kommen, Moldavitstücke in Pulver von Schwefelkies eingebettet und mit verdünnter Flußsäure versetzt. Die Resultate waren ähnlich den Abbildungen Merills. Es sei mir gestattet, meine damaligen Bemerkungen an dieser Stelle zu wiederholen: (Herk., S. 370.) „Mit Flußsäure geätzte Moldavite erhalten eine grubige Oberfläche, verwandt mit den vielfach bekannten Lösungsgruben anderer Körper; sie sind unregelmäßig flach, muldenförmig, unregelmäßig umgrenzt; die kleinsten Grübchen sind mehr kreisrund und stehen in den größeren mit unbestimmt rundlichen Umrissen; die Schärfe der Kanten nimmt zu und die Fluidalstreifung tritt auf den geätzten Flächen sehr stark hervor. Kleinste, nur mit der Lupe wahrnehmbare Körnchen von schwer löslicher Substanz ragen aus der Oberfläche hervor. Wohl mögen die kleinsten rundlichen Grübchen, welche man manchmal zwischen der Kerben der Moldavite wahrnimmt, durch chemische Korrosion entstanden sein; nichts deutet aber auf die Entstehung tief eingesenkter Kerben oder gar auf eine regelmäßige, etwa sternförmige Anordnung derselben.“ Durch Lösungsangriff werden die ungleichen großen und ungleich tief eingesenkten Gruben auf dem Obsidian von Marsch (Merill, Fig. 9, Taf. 62) entstanden sein.

Nach dem Gesagten kann ich die Angaben von Merrill, Woldrich und Ježek, daß auf Obsidianen Moldavitskulptur nachgewiesen wurde und daß durch Ätzung mit Flußsäure auf Obsidian oder Moldavit eigentliche „Moldavitskulptur“ erzeugt wurde, nicht bestätigen; denn ich halte die Abhängigkeit des Verlaufes der Kerben von der Gestalt für das eigentlich Charakteristische der Moldavitskulptur.

Dagegen lassen die mir von Dr. Ježek freundlichst zur Verfügung gestellten Ätzversuche in der Oberflächenbeschaffenheit eine große Ähnlichkeit gerade mit den als frisch und nicht korrodiert bezeichneten, vollkommen skulpturierten Moldaviten erkennen. Der tiefschwarze Lackglanz wird nahezu erreicht, die feine Körnelung zeigt denselben Charakter, daneben sind größere rundliche und elliptische Gruben ausgeätzt, in ähnlicher Verteilung wie auf der Oberfläche mancher Kernstücke. Man erhält allerdings den Eindruck, daß die gegenwärtige Oberfläche nicht die ursprüngliche ist und daß an ihrer Ausbildung ein Ätzungsvorgang beteiligt war; verschieden von jenen zum Teil

mechanischen Angriffen, welche an so zahlreichen Stücken die ursprüngliche Moldavitskulptur ganz oder teilweise verwischt, den lebhaften Glanz abgestumpft und die Oberfläche mit matter Rauhgigkeit und Entglasungsringen versehen haben (s. Herk., S. 251). Welcher Art das Ätzungsmittel sein mag, bleibt freilich vorläufig unbestimmt.

Es sei mir gestattet, hier in Kürze die Gründe nochmals zusammenzufassen, welche es mir nicht gestatten, die Moldavitskulptur als ausschließliches Produkt einer Ätzung durch zirkulierende Lösungen aufzufassen:

Zunächst finden sich unter den Moldaviten, ebenso wie unter den Meteoriten, auch kantige Stücke mit verschiedenen Graden der Korrosion auf Primär-, Sekundär- und Tertiärflächen. Ich habe sie als „Kernstücke“ ausführlich beschrieben (s. Herk., S. 257 ff. und Taf. I, Fig. 1—5 und Fig. 7—9 im Text). Freilich kann die Abbildung so komplizierter Gestalten keinen so deutlichen Begriff von der Gestaltung geben als das Original; die Stücke stammen alle von der Lokalität Slavitz bei Trebitsch.

Man sieht, daß die Ausbildung der Gruben auf den Primärflächen fast stets in der gleichen Weise entwickelt sind, und die Vermutung liegt nahe, daß die Stücke von Slavitz von einem einzigen größeren, gerundeten und grobskulpturierten Glaskörper herrühren. Wollte man die großen Gruben durch Ätzung erklären, so müßte man annehmen, daß die Zertrümmerung des Körpers und die Verschleppung der Bruchstücke erst nach Entwicklung der groben Skulptur im Boden erfolgte. Dabei lassen die Stücke keine Spuren von Wassertransport oder Abrollung erkennen. Man müßte den skulpturarmen Flächen eine bedeutend jüngere Bildung zugestehen als der hochskulpturierten Primärfläche; an den jüngsten wäre die Ätzung kaum noch wirksam gewesen.

Auch auf vielen Moldaviten des Budweiser Gebietes sieht man sehr oft auf den konvexen, älteren, flächeren eine weit intensivere Korrosion als auf jüngeren konvexen Aussprengungen (s. Herk. S. 291, Textfig. 18, 24 und 25—26 und 27; Taf. XV, Fig. 3, Taf. XVI, Fig. 2). Auch thier wird es nicht leicht sein, sich vorzustellen, daß die Zerteilung an dem ruhig im Boden lagernden Stücke erfolgte.

Aufgebrochene Blasenräume und auch kleine Blasen-  
gruben sind vollkommen glatt geblieben, obwohl die Stücke  
in ihrer gegenwärtigen Gestalt gewiß schon längere Zeit im  
Boden gelegen sind (s. Herk. Fig. 33 und 34. S. 315).

Folgende zwei Momente sind aber vor allem bezeichnend  
für die Moldavitskulptur: die Gleichartigkeit der Kerben an  
Größe und Form an gleich alten Flächen desselben Stückes und  
zweitens die Abhängigkeit der Kerben in ihrer Anordnung  
von der Gestalt des Stückes. Sie folgen, wie ich ausführlich  
dargetan habe, in ihrem Verlaufe den Luftabströmungslinien.  
Keine der beiden Erscheinungen kann an Ätzgruben oder  
Lösungsgruben, oder an Devitrifikationen alter Gläser beob-  
achtet werden.

Nicht nur sind Quarze und andere Gerölle der Molda-  
vitschotter ungeätzt geblieben, auch an den prähistorischen  
bearbeiteten Obsidiansplintern, welche zusammen mit den Mol-  
daviten gefunden wurden und gewiß schon Jahrtausende in  
deren Gesellschaft zugebracht haben, sind keine Spuren einer  
chemischen Korrosion wahrzunehmen; doch kann man gewiß  
nicht annehmen, daß die wasserhaltigen Obsidiane einem wirk-  
samen Ätzmittel gegenüber widerstandsfähiger wären als die  
Moldavite.

Vor allem aber ist hervorzuheben, daß die jüngst von  
J. Bayer im Löß der paläolithischen Station von Willendorf  
an der Donau (Niederösterreich) aufgefundenen Moldavitsplitter  
an den durch Bearbeitung entstandenen Bruchflächen keine  
Spur von Ätzung zeigen. Die 25.000 Jahre, welche nach An-  
sicht der Prähistoriker seit dem Aurignacien vergangen sein  
mögen, haben keinerlei Rauigkeit und kaum eine Trübung  
des Glasglanzes der Schlagflächen hervorzurufen vermocht.<sup>8a)</sup>

Prof. F. Berwerth ist der Ansicht, daß man eine gleich-  
mäßige Ausgestaltung bei gleicher kosmischer Herkunft der  
Tektite erwarten müßte. Er anerkennt offenbar nicht, daß ver-  
schiedene Bedingungen während des Falles so weitgehende  
Verschiedenheiten in der Ausgestaltung des plastischen Glases  
hervorrufen können (s. oben S. 64). Seinem Argumente kann  
eine andere Frage entgegengestellt werden. Wenn die Skulptur

<sup>8a)</sup> Herr Dr. Bayer hatte mir die Stücke freundlichst zur Ansicht  
vorgelegt.

das Produkt lokaler Einflüsse ist, wie kommt es, daß jede Art der Tektite trotz der innigen chemischen Verwandtschaft so gut charakterisiert bleibt? Wie kommt es, daß die Moldavite von Graz und Eggenburg genau so gestaltet und gezeichnet sind wie jene von Budweis; daß Billitonite an der Art ihrer Furchung sofort zu erkennen sind ob sie nun vom Natuna Archipel stammen oder von der malayischen Halbinsel? Wie kommt es, daß keiner der Australite, die über die ganze Breite des Kontinents verstreut, bald auf Bergeshöhen, bald in tiefem Alluvium vergraben gefunden werden, je die scharfen Kerben oder Sternzeichnungen der Moldavite erworben hat? Dies scheint wohl vielmehr anzuzeigen, daß allen Stücken jeder einzelnen Gruppe, sämtlichen Moldaviten ebensowohl wie sämtlichen Billitoniten und sämtlichen Australiten ihre Gestaltung durch je einen einheitlichen Vorgang aufgeprägt wurde und daß Korrosionserscheinungen, welche nach lokalen Umständen wechseln, hiebei nicht die Hauptrolle gespielt haben.

Im übrigen räumen fast alle Autoren, die sich an der Diskussion über diesen Gegenstand beteiligt haben, ein, daß die Frage der Deutung der Moldavitskulptur nicht entscheidend ist für die Frage nach deren Herkunft. Auch wenn es sich herausstellen sollte, daß die Moldavitskulptur durch irgendeine irdische Korrosion entstanden ist, so wäre wohl damit eines der namhaft gemachten Argumente für deren kosmischen Ursprung verloren, aber kein Argument für deren Herleitung von irdischen Vulkanen gewonnen.

#### b) Australite.

Die Gestalten der Australite geben in allen Einzelheiten beredtes Zeugnis, daß diese Körper im raschen Falle die Erde erreicht haben. Schon Walcott<sup>9)</sup> beschrieb die kugelförmigen und sanduhrförmigen Gestalten als Rotationsformen und deutete den zurückgebogenen Wulst mit seinen konzentrischen Rippen als Erzeugnis des Rückstaues durch den Luftwiderstand und die Rippen als erstarrte Stauungswellen. An dieser Erklärung ist im wesentlichen nichts zu ändern. Doch wird die nachfolgende Diskussion verschiedener

<sup>9)</sup> The occurrence of the so called obsidian bombs in Australia. Roy. Soc. of Victoria Vol. 9. N. S. 1898, S. 23.

sowohl zustimmender und widersprechender Meinungen, Gelegenheit geben, auf einige weitere Einzelheiten hinzuweisen, welche die bisherige Vorstellung zu ergänzen imstande sind.

Wiederholt sind in den letzten Jahren die mannigfaltigen und doch so einheitlich charakteristischen Formen der Australite beschrieben und abgebildet worden. Simpson (5) gab 1908 zahlreiche Bilder westaustralischer Stücke. Es sind die charakteristischen runden Knöpfe und die gestreckten in der Mitte eingeschnürten Formen aus zwei ungleich gewölbten Teilen mit scharfer Grenzkante zusammengefügt. Der für viele Stücke charakteristische Rückstauwulst (s. Herk. Fig. 44, S. 331 und Taf. I, Fig. 1 dieser Arbeit) fehlt auf diesen Abbildungen. Auch konische und lanzettförmige Stücke werden angeführt. Im allgemeinen scheinen diese westaustralischen Stücke etwas mehr durch Wind korrodiert oder angewittert, als die Vorkommnisse von Victoria und Tasmanien. Einige von ihnen zeigen ringförmige Abwitterungsskulpturen (Pl. I, Fig. 2) von denen Simpson mit Recht bemerkt, daß sie mit den Höfchen der Billitonite nicht zu verwechseln seien. Flache Gruben (Pl. I, Fig. 1) sind nach seiner Ansicht beim Erkalten der Glastropfen entstanden. Die Natur der radialen Furchen, die sich in der Mitte der flachen Kalotte einzelner Stücke zusammendrängen, ist noch unklar und läßt sich nach einer Abbildung schwer beurteilen.

Simpson glaubt nicht an die meteorische Herkunft der Australite, u. zw. wegen ihrer stofflichen Zusammensetzung, die gänzlich verschieden ist von allen bekannten Meteoriten; ferner würden nach seiner Meinung solche Gläser weißglühend und gänzlich durchgeschmolzen die Erde erreichen und müßten beim Auffallen gänzlich zerschmettert oder wenigstens in einen dünnen Fladen ausgequetscht werden.

(Freilich kann dem entgegengehalten werden, daß man auch Meteorsteine, z. B. unter den Stücken von Stannern kennt, auf denen eine zarte glasige Schmelzrinde ringsum erhalten geblieben ist.)

Demnach bleibt nach Simpsons Ansicht, trotzdem die allgemeine Beschaffenheit von den gewöhnlichen Vulkanbomben abweicht, nur die Abstammung von irdischen Vulkanen.

Petterd (6, 29) besprach die Vorkommnisse von Tasmanien und bezeichnete sie als saure Meteoriten. Er begründet seine Ansicht durch die eigentümliche chemische Zusammen-



setzung und die Art der Verbreitung bei gleichbleibender Form über weite Gebiete.

Besondere Beachtung verdient der Aufsatz von E. J. Dunn vom Jahre 1912 (40) wegen der vortrefflichen Abbildungen, die auf 17 Tafeln dargeboten werden. Alle bezeichnenden Typen sind hier vertreten. Die eingedrückten Knöpfe mit breitem, durch Rückstau in der Luft erzeugtem Ringwulst, der sich ganz auf den kugeligen Knopf zurückschlägt. Sehr schön sieht man die flachen ringförmigen Wellen, in welchen die weiche Masse durch den Luftwiderstand zurückgestaut wurde. Dazu kommen die scharfkantigen Knöpfe, wie sie in Westaustralien am häufigsten sind. Bei vielen ist sichtlich der Rückstauwulst abgebrochen und verloren gegangen. Längliche Formen gehen allmählich über in die merkwürdigen Glockenschwengel, die bereits Walcott als Rotationsfiguren erkannt hat, und welche an die Theorie der Entstehung der Doppelsterne, an das Jacobische Ellipsoid der Astronomen erinnern (s. Herk. S. 339, Anm.). Andere Bilder (Dunn., Taf. VIII, Fig. 12) zeigen sehr schön die wirre Fluidalstreifung oder die Verwitterungsgrübchen an der Oberfläche der Stücke. Bemerkenswert ist auch neben der Abbildung der bekannten großen Hohlkugel von Kangoro-Island (s. Herk. Taf. XVIII, Fig. 1), die einer zweiten Hohlkugel mit doppelt geteilter Blase (Taf. VII, Fig. 1). Sie ist auffallend dickwandig im Vergleiche zur Hohlkugel von Horsham. Alle Bilder veranschaulichen sehr schön die Bildung der Australite aus Rotationsformen, die durch den Rückstau der Luft im Niederfallen einseitig deformiert wurden.

Besonders lehrreich sind die vergrößerten Abbildungen von Dünnschliffen (Taf. X bis XVII und Taf. I, Fig. 3 dieser Arbeit) durch den Kern und Wulstring, an denen die Verbindung zwischen beiden und die Fluidalstruktur des Glases sehr schön zu sehen ist. Man kann hier nach meiner Ansicht sehr gut wahrnehmen, daß der Ringwulst nicht einfach als weiche Masse zurückgebogen wurde, sondern, daß von der Stirne der Kugel aufgeschmolzenes Glas noch seitwärts und rückwärts geschoben und in wirrer Fluidalstruktur zusammengestaut wurde. Außen liegt stets noch ein dünner Streifen Glases überfließend auf den Wulst, der mit dem Kerne im Zusammenhange bleibt, im Innern aber ist die Grenze zwischen beiden sehr scharf. Das Glas des Wulstes ist nach Dunn etwas dunkler als jenes des Ringes,

wie man an der nach D u n n auf Taf. I wiedergegebenen Figur (3) sehen kann. Dies wird durch einen höheren Grad der Oxydation des Wulstglases bedingt. Überdies fehlen im Wulste die sonst in der Glasmasse nicht seltenen Gasbläschen. Aus all diesen Merkmalen kann man ersehen, daß das zurückgestaute Glas des Ringwulstes dünnflüssiger war als der Kern und daß die Fallgeschwindigkeit genügend groß war, um die Stirne des Stückes bis zur Aufschmelzung zu erhitzen; die Färbung durch Oxydation zeigt unwiderleglich, daß sich der Vorgang in der irdischen Atmosphäre während des Niederfallens abgespielt hat.

Mr. D u n n gibt freilich den Gestalten der Australite eine ganz andere Deutung. Er sieht in den Australiten gewöhnliche Obsidiane von mannigfacher Zusammensetzung, die nicht zu einer Zeit und auch nicht an einem Orte entstanden sind.<sup>19)</sup> Nach seiner Meinung haben sie nichts mit Meteoriten gemein und sind unbedingt von irdischen Vulkanen herzuleiten. Um nun die weite Verbreitung der Australite zu erklären, hat D u n n bereits im Jahre 1901 (11) eine eigenartige Hypothese entwickelt und später näher ausgeführt (40). Die Australite wären demnach keine gewöhnlichen vulkanischen Bomben, sondern die Reste von großen Glasblasen, und zwar die Kerne (Blebs), welche aus überschüssigem Material am Grunde zusammenfließen, wie man das an Seifenblasen beobachten kann. Wo zwei solcher Grundtropfen sich vereinigten, sollen die Glockenschwengel- oder Sanduhrformen entstanden sein. Der Randwulst wäre der am Kerne haftende Rest der zerstörten Blase. Aufsteigende Gasströme im Vulkanschlot sollten den geschmolzenen Obsidian als Blase mit der Füllung von hochehitzten Gasen fünf bis sechs Meilen hoch emporsteigen lassen; dort sollten sie vom Wind getragen, mit Geschwindigkeiten von 70 bis 80 Meilen per Stunde — wenn die Blase nur ein bis zwei Tage standhielt — von den Sundainseln oder von Neu-Seeland her die entlegenen australischen Gebiete erreicht haben.

Prof. Kerr Grant, Adelaide (17), hat diese Hypothese bereits widerlegt. Die Formen der Australite sind nicht die eines flüssigen Tropfens, der an einer Blase hängt. Die Vereinigung zweier solcher Tropfen zu einer Sanduhrform ist unmöglich. Zumeist ist kein Bruchrand am Ringwulste zu sehen.

<sup>19)</sup> Das Irrige dieser Ansicht wird in dem Abschnitt über die Chemie der Tektite ersichtlich werden.

Vor allem ist eine konvexe Fläche als Innenwand einer Blase wegen des allseitig innen gleichen Druckes undenkbar, und stets sind beide Seiten der Australite konvex. Eine luftleere Glasblase kann nur dann in der Luft schweben bleiben, wenn die Dicke der Wand nicht größer ist als 0.0017 des Radius. Um aber dem Atmosphärendruck zu widerstehen, wird eine Dicke der Glaswand von 0.0024 des Radius verlangt. Eine frei in der Luft schwebende Glasblase kann demnach nicht existieren. Dieser Erklärungsversuch wird noch bedenklicher, wenn man das große Gewicht der Glasknöpfe (bis zu 120 g) berücksichtigt, welche die freischwebenden Glasballons Dunns zu tragen hätten.

Im weiteren führt Prof. Grant aus, daß alle Formen, die nach Newton freischwebende Flüssigkeiten annehmen können, unter den Australiten vertreten sind: 1. Kugel, nur möglich ohne Rotation. 2. Das abgeplattete Sphäroid, bei geringer Rotationsgeschwindigkeit. 3. Das verlängerte Sphäroid, wenn überhaupt, nur beständig bei großer Rotationsgeschwindigkeit. 4. Die birnförmigen und 5. glockenschwengel- und uhr-glasförmigen Rotationsfiguren (s. Herk. S. 339. Anm.).

Zigarrenförmige und uhrglasförmige Gestalten sind, wie Grant bemerkt, von besonderem Interesse, weil ihre Stabilität noch gegenwärtig ein Gegenstand der Meinungsverschiedenheit zwischen Mathematikern ist.

Diese Rotationsformen wurden während des Falles in der oben angegebenen Weise senkrecht zur Rotationsachse deformiert und erhielten den Randwulst.

Nach den erwähnten Beobachtungen über die Aufschmelzung des Wulstringes während des Falles scheint es mir noch unentschieden, ob die Rotationsfiguren schon vor dem Eintritt in die Atmosphäre vorgebildet waren oder erst hier durch Aufschmelzen entstanden sind. Man beobachtet vielfach an Meteoriten Erscheinungen, welche auf zeitweise intensive Erhitzung der Massen vor dem Eintritt in die irdische Atmosphäre, in den Zeiten ihrer kosmischen Wanderung schließen lassen.<sup>11)</sup> Darin stimme ich aber mit Prof. Grant vollkommen überein, daß die Australite, ebenso wie die übrigen Tektite schon als vollkommen durchgeschmolzene Gläser die Erde erreicht haben.

<sup>11)</sup> S. z. B. W. Wahl, Beiträge zur Chemie der Meteoriten. Ztschr. f. anorg. Chemie. Bd. 69, 1911. Hamburg u. Leipzig. S.

Das ergibt sich aus ihrer stets gleichartigen, vollkommen homogenen Beschaffenheit, und nur so wird auch die Mannigfaltigkeit ihrer Gestalten und deren große Verschiedenheit gegenüber den übrigen Meteoriten erklärbar.

Prof. Grant vermutet, daß die drei Tektitfälle von demselben Meteorschwarme in dreimalig wiederholter Rückkehr abgegeben wurden.<sup>11a)</sup>

Hier soll noch auf zwei weitere Eigenheiten mancher Australitformen hingewiesen werden, welche Beachtung verdienen.

Die meisten Glockenschwengel- oder Dumbbellformen sind wohl, soweit sich nach den vorliegenden Abbildungen urteilen läßt, rein symmetrisch (s. Dunn 40, Taf. V, Fig. 2, 3, Taf. IV, Fig. 2, 3). Bei anderen sieht man, namentlich bei Aufsicht auf die konvexe Fläche, daß die beiden Enden ein wenig gegenständig abgekantet sind und daß der Hauptgrat des Rückens in der Mitte nicht vollkommen parallel den beiden Seiten verläuft, sondern etwas geneigt ist. Dies ist deutlich zu sehen an dem Taf. I, Fig. 2 abgebildeten Stücke, ferner an den beiden Stücken in der Mitte von Taf. VII bei Simpson (5), weniger bestimmt auf der Umrisskizze Taf. VI, Fig. 3, derselben Arbeit. Diese kleine Abweichung von der vollkommenen Symmetrie wird leicht verständlich, wenn man sich vorstellt, daß der sich rasch drehende Körper in der Gestaltung von dem der Rotation entgegenstehenden Luftdruck beeinflusst wurde. Dabei werden zwei gegen-

---

<sup>11a)</sup> In neuester Zeit beschrieb Frank A. Perret (Americ. Journ. of Science, New Haven, Vol. XXXV., 1913 S. 611) Aschen und verschiedene andere Zeugen früherer explosiver Tätigkeit am Kilauea; und dabei auch eigentümliche, kleine Lavatropfen, Bomben, die in kleinen Schlackenkegeln in der Nähe des Hauptkraters in Verbindung mit den bekannten Lavafäden (Pelee's Kar) gefunden werden. Neben tränenförmigen und rundlichen Tropfen (Pelee's Tränen) sind häufig in die Länge gestreckte kleine Glockenschwengel, an beiden Enden verdickt. Sie bestehen aus dunkelgrünem Glas, in auffallendem Lichte schwarz, im Innern sehr blasig, so daß einzelne von ihnen auf dem Wasser schwimmen. Die Analogie mit den Glockenschwengeln unter den Australiten ist recht auffallend. Eine Analyse liegt noch nicht vor, doch muß man aus der Verbindung mit Pelee's Kar auf ein sehr basisches Glas schließen. Aus diesen und anderen Gründen geht es nicht an, die Australite vom Kilauea oder anderen Vulkanen herzuleiten. Sie zeigen aber, daß geschleuderte Tropfen in verschiedenen Fällen, unter verschiedenen Bedingungen die Sanduhrform annehmen können.

einander diagonal gegenüberstehende Enden der Außenflächen sich untereinander gleichartig verhalten; und anders als die beiden anderen Flächen; die Flanken links oben und rechts unten in der Fig. 2 a, Taf. I, eilten in der Drehungsrichtung voran und wurden etwas mehr abgeflacht, die beiden anderen Flanken blieben im Schatten des Luftdruckes.

Eine zweite Eigenheit, die bisher noch kaum beachtet wurde, betrifft die sogenannten „Stauwellen“ der Australite. Ebenso wie auf der Taf. I, Fig. 1 a abgebildeten Stücke zeigen auch die Stauwellen vieler anderer Exemplare, und zwar sowohl an kreisrunden, als auch an elliptischen Formen einen deutlich spiralen Verlauf. Ich verweise auch auf die Abbildungen rundlicher Stücke bei Dunn, Taf. I, Fig. 1 b, 2 b, 3 b, — die nach Größe und Form genau denselben Typus darstellen, wie das hier abgebildete Stück — und bei Simpson (5), Taf. VI, Fig. 5 (Umrißzeichnung), ferner die elliptischen Stücke bei Dunn, Taf. III, Fig. 4 A und Taf. IV, Fig. 1 B. Wo die Spirale nicht sichtbar ist, wurde sie wohl in den meisten Fällen durch nachträgliche Abreibung oder Verwitterung verwischt.

Die Spirale deutet auf rasche Rotation des Körpers während des Falles. Der Eindruck und Rückstau kann wohl nur im aufgeschmolzenen oder erweichten Glase entstanden sein; trotzdem sind die Kanten der Spiralen ziemlich scharf. Auf Taf. I, Fig. 1 a, sieht man überdies auf einer Seite eine sehr zarte Liniendrift, die vom Pole zum Äquator strebt (Stelzners „Bürstenstriche“).

Die Abbildung des Querschnittes einer solchen Form (Taf. I, Fig. 3), welche der Arbeit von Mr. Dunn entnommen ist, zeigt die Spiralen als Abkantungen der unteren Umrißlinie. Sie werden durch sanfte Einkerbungen in der kompakten Glasmasse bewirkt; trotzdem diese nicht ganz spröde sein konnte, war sie doch nicht so dünnflüssig aufgeschmolzen wie derjenige Teil des Glases, der von dem Luftstrom seitlich abgestrichen und zum Randwulst gestaut wurde. Man sieht, wie an beiden Seiten ein dünner Faden aus dem kompakteren Glase hinüberführt in die knotig verworrene Fluidalstruktur des ungeschmolzenen Randglases, dessen dunklere Färbung, wie bereits bemerkt wurde, ohne Zweifel durch eine höhere Oxydation bei der innigeren Berührung mit der Atmo-

sphäre bewirkt wurde. Eine Reihe trefflicher Abbildungen in der Abhandlung von Dunn (Taf. IX bis XVII) zeigen diese Erscheinungen in großer Deutlichkeit.

Man sieht, wie treffend schon seinerzeit Stelzner den Randwulst mit dem zurückgeflossenen aufgeschmolzenen Glasrande der Meteoriten von Stannern verglichen hat.<sup>12)</sup> Mr. Dunns treffliche Figuren lehren in erster Linie, daß die Australite nicht durch Erstarrung im Fluge geformt wurden, wie das bei vulkanischen Bomben der Fall ist, sondern daß während des Falles auf der Stirnseite in der Fallrichtung Aufschmelzen zu dünnflüssigem Glase stattgefunden hat; ein Vorgang, der bisher nur an Meteoriten, die mit kosmischer Geschwindigkeit zur Erde gelangen, festgestellt wurde.

Trotzdem der Vorgang sich offenbar in ganz ähnlicher Weise vollzogen hat, ist das Ergebnis der Gesamtgestalt beim Meteoriten und Australiten sehr verschieden; dort der globige Stein, dessen Kanten abgerundet und dessen Schmelzhaut bis auf einen dünnen Rest fortwährend abgestreift wird; und hier das homogene Glas, das in seiner ganzen Masse zähflüssig durchweicht und umgeformt wurde.

### c) Schonit.

Die Mannigfaltigkeit der Gestalten der unter dem Namen der Tektite vereinigten Gläser wird noch in ganz besonderer Weise bereichert durch das Glas, das vor längerer Zeit zu Kälna auf Schonen gefunden worden war. Ihm ist nach dem übereinstimmenden Urteile verschiedener Beobachter (Eichstädt 13, F. E. Sueß 23, W. Wahl 24) tatsächlich „das Zeichen himmlischer Herkunft aufgebrannt“. Eichstädt beschrieb das kleine kantige Bruchstück zuerst, als „eigentlichen aus reinem Glas bestehenden Meteorit“, er erkannte die firnisglänzende, chagrinartige Oberfläche des Glases als Schmelzrinde, welche in verkleinertem Maßstabe, die wirr durcheinanderlaufenden Schmelzfältchen der Oberfläche der Steine von Stannern wiederholte. Die genaue mikroskopische Untersuchung von W. Wahl hat diese Auffassung bestätigt. Die Rinde gibt im Dünnschliff das Bild zarter, lappiger Protuberanzen, die an der Basis erfüllt sind von sehr

<sup>12)</sup> Über eigentümliche Obsidianbomben aus Australien. Ztschr. d. D. Geol. Ges. 1893, S. 299.

kleinen Bläschen und sich scharf abgrenzen von einer ebenfalls mit Bläschen erfüllten, etwas splittrigen Veränderungszone des kompakten Glases. Daß es sich um eine Umschmelzung handelt, bei der etwas Gas aus dem Glase abgeschieden wurde, geht namentlich daraus hervor, daß sich die Fluidalstruktur des Glases nicht in die äußere Rinde fortsetzt. Die scharf begrenzte, rings erhaltene Protuberanzschicht konnte nur durch intensive, aber nur oberflächliche Hitzewirkung an einem frei schwebenden Gegenstande erzeugt werden. Umstände, welche nach W. Wahls Worten keine andere Bildungsweise für die Schmelzrinde denkbar erscheinen lassen, als die, welche durch den Flug eines Meteoriten durch die Atmosphäre infolge des starken Reibungswiderstandes der Luft zustande kommt.

Wiederholt wurde schon die Frage berührt, wie die so mannigfaltige Ausgestaltung der verschiedenen Tektite zu erklären sei. Die Australite zeigen, wie erwähnt, einen breiten Schmelzwulst. Die Moldavite sind größtenteils Trümmer einer großen Masse, die im Innern nicht genügend erhitzt worden sein mag, um ihre Sprödigkeit zu verlieren. Auch der Tektit von Schonen ist ein Bruchstück. M. Stark vermutete (in der an den Vortrag von Berwerth anschließenden Diskussion, 28), daß so eisenarme Gläser wie die Tektite überhaupt nicht imstande wären, eine Schmelzrinde zu bilden. Die dunklere Farbe und das hohe spezifische Gewicht (2.707) läßt auf höheren Eisengehalt des Tektiten von Schonen schließen, es liegt aber noch keine Analyse vor und es muß unentschieden bleiben, ob hiedurch die Bildung einer Schmelzrinde im Gegensatz zu den übrigen Tektiten begünstigt wurde.

### III. Physikalische Eigenschaften.

#### (Lichtbrechung).

Die Bestimmung der Lichtbrechung und Dichte ist wichtig als Anhaltspunkt für die Konstanz der Zusammensetzung in den einzelnen Gruppen der Tektite. Unter Umständen können beide Merkmale neben anderen verwertet werden, um nicht hieher gehörige Gläser, deren Analyse nicht durchgeführt werden soll, von den Tektiten abzuscheiden. Dabei ist es natürlich nicht ausgeschlossen, daß gelegentlich auch die

Lichtbrechung oder Dichte eines künstlichen oder vulkanischen Glases nahe zusammenfällt mit der einer Tektitgruppe; denn künstliche oder vulkanische Gläser umfassen weit extremere Gegensätze der Substanzen und die betreffenden Ziffern werden sich in entfernteren Grenzen bewegen. Auf diese Weise wurde z. B. durch die Bestimmung Beckes (20) dargetan, daß die von Weinschenk (12) für Moldavite erklärten Glaskugeln nicht nur nach Form, Skulptur und Farbe, sondern auch der Substanz nach von den Moldaviten verschieden sind.

Michel (41) hat die Lichtbrechungsbestimmungen verschiedener Beobachter zusammengestellt. (Verbeek, Stark,<sup>13)</sup> Schwantke (18), Becke (20), Ježek (27), Johnson (25). Im ganzen wurden etwa 33 Exemplare untersucht, hievon 28 durch Ježek; nach ihm sind die Extreme für  $n$  (Na) 1.4812 und 1.4956. Die übrigen Bestimmungen bewegen sich innerhalb dieser Grenzen.

Die vorhandenen Bestimmungen an Billitoniten sind weniger zahlreich. Verbeek gab seinerzeit für  $n$  1.513. Becke (20) bestimmte  $n$  (Na) mit 1.510. Ježek an zwei Exemplaren  $n$  (Na) 1.5135 und 1.5193. Immerhin weist auch hier die Übereinstimmung der Zahlen auf große Konstanz der Zusammensetzung.

Von Australiten ist mir nur die eine Bestimmung von Ježek mit  $n$  (Na) 1.4981 bekannt geworden. Die höhere Lichtbrechung der Australite und Billitonite ist wohl durch deren geringen Kieselsäuregehalt bedingt.

(Farbe.)

Nach Doelters Versuch (Das Radium und die Farben. Dresden 1910. S. 52) wurde ein grünlicher Moldavit durch Bestrahlung mit Radium mehr grasgrün. Andere Gläser wurden bekanntlich durch Radiumbestrahlung braun, violett oder gelb. Es muß vorläufig unbestimmt bleiben, ob die verschiedenen Farbennuancen der Moldavite von grün bis grünlichbraun durch die verschiedene Radioaktivität der zirkulierenden Bodenwässer erklärt werden kann.

---

<sup>13)</sup> M. Stark, Über den Zusammenhang der Brechungsexponenten natürlicher Gläser mit ihrem Chemismus. Tschermaks Min.-petr. Mittl. Bd. 23, S. 546.



### (Spezifisches Gewicht.)

Zahlreiche Bestimmungen des spezifischen Gewichtes von Moldaviten stimmen nahe überein. Ježek fand bei 28 Moldaviten Dichten von 2.303 bis 2.364. Nach älteren Bestimmungen (Herkunft S. 244) steigen die Werte bis 2.385. Wegen der häufigen kleinen Gasblasen in Moldaviten werden kleine Unsicherheiten und etwas niedrigere Angaben, als den wirklichen Werten entsprechen, zu erwarten sein.

Von Billitoniten liegen nur wenige Bestimmungen vor; sie sind basischer und daher schwerer als die Moldavite. Ježek bestimmte ein Exemplar mit  $d = 2.463$  (27). Ältere Bestimmungen schwanken von 2.443 bis 2.503 (Herk. S. 344).

Größere Verschiedenheiten zeigen die Australite. Sie sind im ganzen etwas leichter als die Billitonite. Nach den Angaben von Summers (16) schwanken die Werte von 2.376 bis 2.49. Wie die Analyse eines Exemplares von Peak Station mit  $d = 2.385$  zeigt (s. unten S. 86), sind die leichtesten Exemplare in chemischer Zusammensetzung den Moldaviten am ähnlichsten. Die große Mehrzahl der vorliegenden Bestimmungen liegt nicht unter 2.41.

Summers konstatierte eine sehr bemerkenswerte Verteilung der Stücke nach dem Gewichte an verschiedenen Lokalitäten. Die leichtesten Stücke (Peak Station Typus unter 2.390) finden sich nur in den Gebieten von Lake Eyre und Balmasal. Die schwersten (über 2.470) nur in den westaustralischen Goldfeldern, die übrigen Gebiete nehmen Mittelstellungen ein.

Wenn sich die Verteilung der Australittypen durch weitere Untersuchungen bestätigt, so ist nach Summers Meinung (16, S. 438) dadurch allein schon der kosmische Ursprung der Australite erwiesen. Durch keine der sonstigen Transportmittel, die vorgeschlagen wurden, Wasser, Eis, Eingeborene, Vögel, Wind, vulkanische Explosionen und hypothetische Blasenbildung (Dunn) wäre eine solche Verteilung verständlich.

In der Tat könnte eine Sonderung nach dem spezifischen Gewichte nur bewirkt werden, wenn die Australite als gemeinsamer Schwarm gleichzeitig, in gleicher Richtung und an-

nähernd mit gleicher Geschwindigkeit in die Atmosphäre eintraten. Vulkanische Kräfte konnten den einzelnen Projektilen nur sehr ungleiche Impulse erteilen und wenn eine Ausstreuung auf so große Entfernungen überhaupt möglich wäre, nur eine ganz zufällige Verteilung bewirken.

Die vorliegenden noch unvollständigen Daten lassen sich am ehesten noch deuten im Sinne einer Anordnung in ungemein langen streifenförmigen Zonen in der Richtung von SSO gegen NNO; wobei im südsüdwestlichen Streifen (Kalgoorlie, Westaustralien und Tasmanien) die schwersten, gegen Nordosten (Lake Eyre-Gebiet) die leichteren Stücke angereichert sind. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand sind wünschenswert.

#### IV. Gase der Tektite.

Über die in Tektite eingeschlossenen Gase berichtete R. Beck (26) nach der Untersuchung von A. Brun. Ein Billitonit von Dendang und ein Moldavit lieferten: berechnet auf 1 kg bei 14° C und 738 mm Druck:

I. Billitonit.		II. Moldavit.
A. Als festes Sublimat in der Vorlage:		K Cl u. Chloride -- Spuren?
Salmiak	5 mg	
[Na K] Cl	60 >	
B. Gase:		
CO <sub>2</sub>	98.0 cm <sup>3</sup>	30.0
CO	100.4 >	110.0
H	29.2 > (14.22 <sup>14</sup> )	35.0
N	Spuren	—
SO <sub>2</sub>	0.4 cm <sup>3</sup>	--
H <sub>2</sub> S } O }	abwesend	—
Gesamtmenge d. Gase 228.0 (213 <sup>15</sup> )		175.0

Der Moldavit zeigt sich hier gasärmer als der Billitonit, doch mag wegen der wechselnden Menge von Bläschen das Ergebnis in verschiedenen Stücken nicht gleich sein.

<sup>14</sup>) Korrektur wegen Abgabe von H durch das Platinrohr.

<sup>15</sup>) auf 1 kg umgerechnet.

Die meisten irdischen Obsidiane enthalten eine größere Gasmenge, davon sind 50 bis 90% Chlor und Chlorwasserstoff.<sup>16)</sup> Die beiden Stoffe fehlen in den untersuchten Tektiten. Brun vermutet nach Beck, ohne ein abschließendes Urteil zu fällen, in dem Gehalt des Billitonites an Salmiak, wenn auch in geringer Menge, einen Hinweis auf terrestrischen Ursprung. R. Beck dagegen betont den höchst auffallenden selbständigen Charakter der untersuchten Tektite in bezug auf den Gasgehalt der irdischen Obsidiane und erkennt hierin, wie ich glaube mit Recht, eine neue Bestätigung der sonstigen Gründe gegen deren terrestrische Herkunft. Sicherlich ist nach den Untersuchungen von Brun die chemische Sonderstellung der Tektite auch in der Zusammensetzung der Gase deutlich ausgedrückt.

## V. Chemische Zusammensetzung.

Zunächst seien hier die Analysen zusammengestellt, welche gegenwärtig zur Beurteilung der Chemie der Tektite zur Verfügung stehen. Ältere und unvollständige Analysen sind hier nicht angeführt.<sup>17)</sup>

Die vollständigste Liste von Australitanalysen ist in N. S. Summers Aufsatz: Obsidianites, their origin from a chemical standpoint (16) enthalten. Sie bringt neben den älteren, bereits 1900 verwendeten, noch fünf neue Analysen, in denen die Prüfung auf seltene Stoffe sehr weit geführt wurde; zwei davon stammen von Hillebrand (1905) und zwei von G. Ampt-Washington, Melbourne (1908).

---

<sup>16)</sup> Vgl. die Tabelle in Brun Recherches sur l'Exhalaison volcanique Genf 1911.

<sup>17)</sup> S. solche in Herkunft der Moldavite etc. Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt 1900, S. 233.

## Australite.

	1 <sup>y</sup>	2	3	4	5	6	7	8	
	I	II	III	IV	V	VI	VII <sup>2</sup>	VIII	IX
Si <sub>2</sub> O	72.89	76.25	77.72	71.22	70.62	71.66	(64.68)	69.90	73.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.12	11.30	9.97	13.52	13.48	11.96	(16.80)	15.02	12.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.42	0.35	0.32	0.77	0.85	6.62	(6.57)	0.40	0.38
Fe O	4.48	3.88	3.75	5.30	4.44	unbest.	(1.01)	4.65	3.79
Mg O	1.87	1.46	1.59	2.38	2.42	2.09	(3.50)	2.47	1.80
Ca O	3.17	2.60	2.40	3.52	3.09	3.08	(3.88)	3.20	3.76
Na <sub>2</sub> O	1.54	1.23	1.29	1.48	1.27	1.76	(Sp.)	1.29	1.03
K <sub>2</sub> O	1.92	1.82	1.96	2.28	2.22	2.40	(4.01)	2.56	1.93
H <sub>2</sub> O +	0.11	0.32	0.15	—	0.01	—	—	nicht best.	0.27
H <sub>2</sub> O —	0.02	0.02	0.04	—	0.06	—	—	nicht best.	0.53
CO <sub>2</sub>	0	0	0	—	0	—	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.72	0.65	0.86	—	0.90	—	—	0.80	0.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	—	0	—	—	0	0
Mn O	0.05	0.06	Sp.	0.28	0.42	0.16	(0.20)	0.18	0.15
Si <sub>2</sub> O	starke Sp.	starke Sp.	starke Sp.	—	starke Sp.	—	—	starke Sp.	—
Sr O	0	0	0	—	—	—	—	0	schwache Sp.
Ba O	0	0	0	—	—	—	—	?	schwache Sp.
Cl <sub>2</sub>	0	0	0	—	Sp.	—	—	—	—
SO <sub>2</sub>	0	0	0	—	Sp.	—	—	?	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	?	0	?	—	—	—	—	?	0
Ni O	0.06	—	Sp.	—	Sp.	—	—	—	—
Ca O	Sp.	0.03	Sp.	—	Sp.	—	—	—	—
Zr O <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	?	0.01
Summe	99.91	99.99	100.05	100.75	99.75	99.67	(99.66)	100.37	100.29
Sp. Gew.	2.427	2.398	2.385	2.433	2.454	2.47	?	2.454	2.428

1) Die arabischen Ziffern beziehen sich auf die Bezeichnungen in den nachfolgenden Diagrammen.

2) Analyse VII weicht nicht nur von den Australien, sondern von dem Typus der Tekite überhaupt stark ab. Im Anhang von Sumners Arbeit (S. 44) findet sich diesbezüglich folgende Bemerkung: „At the same time he (Mr. Card) told me that Mr. Mingaye was not satisfied with the analysis of the Uralia obsidianite, as he had very little material to work on, and intended analysing another specimen from the same locality.“ Da es unbedingt geboten ist, um zu einem gesicherten Ergebnisse zu gelangen, nur ganz verlässliche Daten zu benutzen, mußte diese Analyse in den folgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleiben.

- I. In der Nähe von Mt. Elephant. Victoria. Anal. G. Ampt. 1908.
- II. Bei Hamilton, Victoria. Anal. G. Ampt. 1908.
- III. Peake Station bei Lake Eyre, South Australia. Anal. G. Ampt. 1908.
- IV. Zw. Everard Range und Fraser Range. South Australia. Anal. C. v. John, 1900 Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien. Vol. 1, S. 328.
- V. Bei Coolgardie. Western Australia. Anal. A. Hall. 1907. Records of the Geol. Survey of Victoria. Vol. 2, P. 4 1908, S. 205.
- VI. Bei Kalgoorlie. Western Australia. Anal. E. S. Simpson, 1912. West. Austr. Geol. Survey Bulletin Nr. 6, 1912, S. 79.
- VII. Bei Uralla, New South Wales. Anal. d. C. H. Mingaye, 1897, Proc. Roy. Soc. of Victoria. Vol. 11, N. S. Part 1, S. 30.
- VIII. Upper Weld, Tasmania. Anal. W. F. Hillebrand 1905. Report of the Secretary for Mines, Tasmania, for 1905, S. 21.
- IX. Piemann, Tasmania. Anal. W. F. Hillebrand 1905, ebda.

Von Billitoniten liegen auch heute nur zwei vollständige Analysen vor; dieselben wurden bereits 1901 verwendet (l. c. I, S. 237).<sup>18)</sup>

Billitonite.

9 10

	I	II
Si O <sub>2</sub>	71·14	70·92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11·99	12·20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	1·07
Fe O	5·29	5·42
Mn O	0·32	0·14
Ca O	2·84	3·78
Mg O	2·38	2·61
Na <sub>2</sub> O	2·45	2·46
K <sub>2</sub> O	2·76	2·49
Ti O <sub>2</sub>	Sp.	—
H <sub>2</sub> O +	—	—
Summe	99·17	101·09

I. Suro Mij. Dendang. Billiton. Anal. Dr. Brunck, Freiburg. Verbeek. Jaarb. v. h. Mijnwesen. 1897, S. 240.

II. Tebrung. Dendang. Billiton. Anal. C. v. John, Wien, Geol. Reichsanst. 1900.

<sup>18)</sup> Scrivenor (15) zitiert noch eine teilweise Analyse eines Exemplars von Pahang, malaisische Halbinsel. Anal. v. B. J. Eaton, Govern Chemist. „Kuala Lumpur“ mit folgenden Werten:

Si O <sub>2</sub>	72·60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26·00
Ca O	4·00

Zu den bisher vorhandenen sechs vollständigen Moldavitanalysen von C. v. John kann ich hier eine siebente von Hofrat E. Ludwig hinzufügen.

Moldavite.							
	11	12	13	14	15	16	17
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Si O <sub>2</sub>	82.28	77.75	77.69	82.68	78.61	77.96	77.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.08	12.90	12.78	9.56	12.01	12.20	11.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	2.05	—	0.16	0.14	—
Fe O	2.03	2.60	1.45	1.13	3.09	3.36	2.54
Mn O	—	—	—	0.18	0.11	0.10	0.15
Mg O	0.98	0.22	1.15	1.52	1.39	1.48	1.52
Ca O	2.24	3.05	1.26	2.06	1.62	1.94	1.34
Na <sub>2</sub> O	0.28	0.26	0.78	0.63	0.44	0.61	0.68
K <sub>2</sub> O	2.20	2.58	2.78	2.28	3.06	2.70	3.26
Ti O <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	1.40
Glüh- verlust	0.06	0.10	—	—	—	—	—
Summe	100.15	99.46	99.94	100.04	100.49	100.49	100.23

- I. Moldavit v. Radomilitz bei Budweis, lichtgrün } Anal. C. v. John  
 II. „ „ „ „ „ dunkelgrün } Jhrb. d. k. k. Geol.  
 III. „ „ „ „ „ lichtbraun } Reichsanst. 1889  
 S. 473.

IV. Moldavit von Budweis, lichtgrün } Anal. C. v. John, Verhandl. der  
 V. u. VI. Moldavite von Trebitsch } k. k. Geol. Reichsanst. 1899, S. 179

VII. Moldavit von Skrey u. Dukovan, Mähren. Anal. Hofrat Dr. Prof. E. Ludwig, 1910. In einem Begleitschreiben zu dieser Analyse hebt Herr Hofrat Ludwig als bemerkenswert hervor: den nennenswerten Gehalt an Titansäure und das Fehlen von Eisenoxyd; das gesamte Eisen ist in Oxydulform vorhanden. — In Spuren vorhanden: Phosphorsäure, Lithium und Strontium. Die Prüfung auf Fluor, Borsäure, Chrom, Barium, Blei, Kobalt, Nickel ergab ein negatives Resultat. Spezifisches Gewicht 2.3667, Wasser von 4° C als Einheit gerechnet.

Bei der Kritik der Tektitanalysen im Jahre 1900 war vor allem darzutun, daß es sich nicht um Kunstprodukte handeln kann, daß die Stoffmengen in den einzelnen Gruppen nicht zufällig schwanken, sondern gesetzmäßig, wie es von einzelnen Teilen eines und desselben Eruptionskörpers zu erwarten ist. Die innige Gauverwandtschaft aller Tektite war deutlich ersichtlich. Es zeigte sich zugleich, daß die Moldavite von Böhmen und Mähren ohne Zweifel einer einzigen Masse ent-

stammen. Es blieb unbestimmt, ob sämtliche Tektite als Glieder einer Reihe zu betrachten seien. Einige Unterscheidungsmerkmale gegenüber vulkanischen Gläsern waren bereits damals bekannt, nämlich das fast gänzliche Fehlen von Mikroliten und der geringe Wassergehalt.

H ö g b ö h r n (2, S. 137, Anm.) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß die Moldavite mehr von den Oxyden des Eisens und Magnesiums und weniger Alkalien enthalten als irgendwelche terrestrische Gesteine der gleichen Azidität. Er erkennt diese Eigenschaft als ein gutes Argument für die meteorische Natur dieser Körper.

Bezüglich der Australite haben einige Autoren (Simpson 4) vor allem auf die Ähnlichkeit der Zusammensetzung mit gewöhnlichen Obsidianen Gewicht gelegt. Aber bereits F. Hillebrand sagte gelegentlich der Untersuchung zweier Stücke aus Tasmanien (s. oben Nr. 8 und 9):

„The analyses revealed compositions which, while not absolutely unique in petrographical literature, are seemingly approached but once or twice. Very unusual is the molecular preponderance of potash over soda in a rock of this character so high in lime.“ (Annual. Rep. of the Section for Mines, Tasmania 1905, S. 21.)

Hiemit sind bereits die beiden chemischen Hauptunterschiede der Tektite gegenüber den irdischen Magmen gekennzeichnet. An dem heute vorliegenden, vollkommeneren und besser gesichteten Analysenmaterial läßt sich leicht zeigen, daß alle Tektite diese Merkmale gemein haben und daß sie durch chemische Gauverwandtschaft enge miteinander verbunden sind.

Summers verdanken wir bereits eine lehrreiche diesbezügliche Studie (16). Er suchte die chemischen Eigenheiten der Australite, Billitonite und Moldavite festzustellen durch Einreihung derselben in das große chemisch-petrographische System von Cross, Iddings, Pirsson und Washington.<sup>19)</sup> Bekanntlich werden nach dieser Methode zunächst die

<sup>19)</sup> Aquantitative chemico-mineralogical Classification and Nomenclatur of Igneous rocks. Journ. of Geol. Chicago 1902. Vol. 10, pt. 2, und die großen Tabellen in H. S. Washington, Chemical Analyses of Igneous rocks, published from 1884—1900 etc. U. S. geol. Survey. Professional Papers Nr. 14. Washington 1903.

Gewichtsprozente gewisser möglicher (nur zum Teil wirklicher) Standardminerale berechnet; dann wird nach dem Zahlenverhältnis der salischen und femischen Bestandteile die Klasse, nach dem Verhältnisse von Quarz und Feldspat die Ordnung, dem Verhältnisse der Alkalien zum Kalk der Rang und nach dem Verhältnisse der Alkalien untereinander der Subrang einer Analyse im System bestimmt. Wegen seines allzu künstlich schematischen Charakters, welcher die natürlichen Verwandtschaften der Gesteine nicht hervortreten läßt und sehr ähnliche Analysen häufig in verschiedene Subränge und Ränge zersplittert, hat das System in Europa wenig Anklang gefunden. Es spricht auch nicht zu dessen Gunsten, daß untereinander so nahe verwandte Körper, wie die Tektite, in verschiedene Ränge und Subränge, ja sogar in verschiedene Ordnungen eingeteilt werden müssen.

Von neun Australitanalysen fallen 5 (I, IV, V, VI, VIII) in den Subrang Almerose, zwei in den Subrang Riesenose (II und III). Verhältnismäßig geringe Schwankungen von Magnesia und Eisen verursachen das Überwiegen der salischen über femischen Minerale und damit die Zuteilung in eine andere Klasse (Quarfelic, Columbare), aber mit Beibehaltung des entsprechenden Ranges und Subranges.

Im Subrang Almerose verzeichnet die Liste von Washington nur eine Analyse, die einem Cordierit Andesit von Almeria in Spanien angehört, der gewiß kein normales Magma darstellt, und auch im Gesamtbilde der Analyse — Kieselsäuregehalt, Tonerdegehalt, Summe der Erdmetalle und der Alkalimetalle — ein ganz anderes Bild gibt als die Tektitanalysen.

Die Analysen II und III (von Peake Station und Hamilton) kommen im Rang Riesenase und Subrang Riesenose neben neun älteren Gesteinsanalysen der Tabelle von Washington zu stehen. Auch hier herrscht keine vollkommene Übereinstimmung. Die Australite zeigen geringeren Alkaligehalt und höheren Gehalt an Tonerde und Eisen als der Typus dieses Subranges.

Das Exemplar von Pieman (Analyse Nr. IX) ist in einem bisher unbenannten Rang und Subrang einzureihen (Piemanase und Piemanose) und steht neben nur einer Analyse, die



eine Schliere im Granit von Vorderberg im Riesengebirge betrifft.

Die zwei bisher bekannten Billitonitanalysen fallen ebenfalls in den Subrang Almerose, obwohl sie, wie sich unten zeigen wird, einem von den Australiten in ihrer Gesamtheit etwas abweichenden chemischen Typus angehören.

Die Moldavite mit ihrem hohen Kieselsäuregehalte, dem geringen Alkaligehalt und den eigentümlichen Alkalikalkverhältnissen weichen am meisten ab von irdischen Gesteinen und fallen durchaus in bisher unbesetzte und unbenannte Ränge und Subränge, für welche Summers provisorische Namen einsetzt. (Radomilitzose, Moldavase, Moldavose, Budweisase, Budweisose.)

Aus dieser Zersplitterung in verschiedene Ränge und Subränge zeigt sich wohl, daß das amerikanische System wenig geeignet ist, die wahren Verwandtschaftsverhältnisse der Gesteine zu veranschaulichen; immerhin erkennt man aber schon aus Summers Berechnungen sehr deutlich, daß Magmen, die mit den Tektiten übereinstimmen, unter den irdischen Gesteinen kaum wiederkehren.

Summers zeigte ferner, daß die jungen Eruptivgesteine von Neu-Seeland, vom malayischen Archipel und von Süd-Victoria-Land, keine chemische Beziehung zu den Australiten erkennen lassen, und daß es ebensowenig möglich wäre, die Australiten von diesen Gebieten, wie etwa von den Basalten von Victoria herzuleiten.

Im Anschlusse an seine oben erwähnten Ausführungen über die eigentümliche räumliche Verteilung der Australite sagt Summers: „Es wurde behauptet, daß die Obsidianite nicht meteorischen Ursprungs sein können, weil sie sich in der Zusammensetzung so vollkommen von allen bekannten Meteoriten unterscheiden. Die Steinmeteorite sind durchwegs sehr basisch. Dieses Argument wendet sich jedoch nach beiden Seiten, denn man kann mit derselben Berechtigung sagen, daß die Obsidianite in der Zusammensetzung nicht mit irdischen Gesteinen übereinstimmen und deshalb außerirdisch sein müssen.“

\*

Dunn (40) dagegen versuchte an der Hand von Summers Tabelle darzutun, daß die Australite verschiedener

Fundpunkte große Verschiedenheiten in den Verhältnissen der einzelnen Bestandteile aufweisen; daß die extremsten Unterschiede in den Mengenverhältnissen ebenso groß seien, wie in einer willkürlichen Serie von Obsidianen; daß die Unterschiede in den Mengenverhältnissen der einzelnen Stoffe zwischen einzelnen Obsidianen und Australiten nicht so groß seien, wie zwischen einzelnen Obsidianen in der Serie von neuen Analysen; daß ebenso die Unterschiede der Durchschnitte der Stoffmengen in den beiden Serien von Australiten und Obsidianen nicht größer seien als innerhalb der Australite selbst. Er schließt hieraus, daß die Australite identisch sind mit Obsidianen; daß sie nicht zur gleichen Zeit und nicht am selben Orte entstanden seien.

Bei dieser Art der Untersuchung kann freilich der gemeinsame Charakter der Analysen nicht leicht hervortreten; die gemeinsamen Verschiebungen, welche die einzelnen Substanzen des Salzgemisches bei Zunahme der Kieselsäure erfahren, werden nicht ersichtlich.

Ich gebe hier die von Dunn benützte Analysenliste saurer Obsidiane wieder, da gerade an dieser die Unterschiede der irdischen Obsidiane gegenüber den Tektiten mit voller Deutlichkeit ersichtlich sind. Als Nr. XIII ist noch die von Merrill angegebene Analyse des besprochenen Obsidians von Columbia beigelegt. Es sind (wie bei Dunn) nur die wichtigeren Bestandteile angeführt. Wie eine Durchsicht der Tabellen von Osann oder Washington zeigt, sind in dieser Liste die verbreitetsten Typen saurer vulkanischer Gläser vertreten.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Si O <sub>2</sub>	72.14	76.20	76.68	71.14	70.03	72.19	65.56	68.92	73.40	73.55	76.89	76.14	75.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.93	13.17	14.49	12.98	18.63	12.56			12.90	13.19	12.72	12.41	14.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.99	0.34	nicht best.	3.35	0.11	3.65	18.24	16.22	3.70	0.89	0.43	0.97	0.22
Fe O	nicht best.	0.73	1.09	nicht best.	nicht best.	nicht best.			nicht best.	1.49	0.70	0.72	—
Mg O	0.40	0.19	0.84	0.34	0.10	2.52	0.72	Sp.	0.14	0.37	0.17	0.38	0.29
Ca O	1.93	0.42	1.53	1.10	2.62	4.41	2.58	1.62	2.35	0.96	0.57	0.62	0.00
Na <sub>2</sub> O	2.97	4.31	3.92	4.97	3.15	3.35	2.08	1.56	3.83	4.45	3.48	3.56	3.96
K <sub>2</sub> O	2.55	4.46	1.20	3.84		0.40	3.94	4.00	2.99	4.32	4.39	4.29	4.33
H <sub>2</sub> O + best.	nicht best.	0.33	0.36	0.82	4.28	0.08	6.50	6.00	0.43	0.37	0.47	0.47	0.33

I. Obsidian, San Pietro, Sardinien. Anal. Boetsch. H. S. Washington. Chemical Analyses of Igneous rocks, S. 387.

II. Obsidian, Cerro de los Navajos, n. Tulancingo. Mexico. Anal. Baerwald, ebda., S. 155.

III. Obsidian, Corinto Nicaragua. Anal. Petersen, ebda., S. 137.

IV. Obsidian Ost von Willow Park, Yellowstone National Park. Anal. Whitfield, ebda., S. 175.

V. Obsidian Basiluzzo, Äolische Inseln. Anal. Glaser, ebda., S. 181.

VI. Obsidian, Randbgassagiöll, Island. Anal. Bäckström, ebda., S. 155.

VII. Trachyt-Obsidian, Asche, Devils Pathway. Montana. Anal. Whitfield, ebda., S. 397.

VIII. Trachyt-Obsidian, Asche, Marsh Creek Valley, Idaho. Anal. Whitfield, ebda., S. 397.

IX. Obsidian von Hlidharfjall, n. Myvatn. Island. Anal. Bäckström, ebda., S. 179.

X. Obsidian, Spear-head from. Admiralty Islands. Anal. A. G. Hall in D u n n (11) S. 10.

XI. Marekanit, Had of Tairua river New Zealand. Anal. G. Hall, ebda.

XII. Moldavit<sup>19a)</sup> Mount Tairua, New Zealand. Anal. A. G. Hall, ebda.

XIII. Obsidian pebble. Colombia. Anal. Whitfield, Merrill (31) S. 484.

Man sieht leicht, daß jede der angeführten Obsidiananalysen auf den ersten Blick von einer Tektitanalyse zu unterscheiden ist. Für die ersteren treten die beiden bezeichnenden Momente stets deutlich hervor; das eine — zuerst von Högbom hervorgehoben — bezieht sich auf das relativ hohe Verhältnis von Magnesium und Eisen gegenüber den Alkalien bei einem Gestein mit so hohem Kieselsäuregehalte. Das zweite auf das Verhältnis von Calcium gegenüber den Alkalien, das bereits Hillebrand an zwei Australitanalysen bemerkt und hervorgehoben hat. Bei Tektiten ist in den Gewichtsprozenten neben relativ hohem Calcium- und Kaliumgehalt, Natrium stets auffallend stark herabgedrückt; dabei ist der Alkaligehalt im Verhältnis zur Tonerde und Kieselsäure geringer als bei vulkanischen Gläsern der gleichen Azidität. Eine Kombination von Merkmalen, die man bei irdischen Gläsern gewiß nur sehr ausnahmsweise antreffen wird.

---

<sup>19a)</sup> Es ist unverständlich, warum für diesen Obsidian hier die Bezeichnung „Moldavit“ von D u n n eingesetzt wird. Nach der Angabe von Dr. Marshall sind auf Neu-Seeland wohl häufig Obsidiane, niemals aber Australite oder auch Obsidianbomben gefunden worden, S. S u m m e r s (16) S. 441. Vgl. auch Anm. S. 59.

Die Bezeichnung Moldavit ist weder nach dem Vorkommen noch nach der Analyse gerechtfertigt.

Beifolgende Diagramme sollen die chemische Eigenart der Tektite gegenüber den irdischen Gläsern, die Verwandtschaft der einzelnen Arten untereinander übersichtlich darstellen.

Fig. 1 zeigt das Verhältnis der Molekülzahlen von  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  in Tektiten und in den von Dunn und Merrill zitierten vulkanischen Gläsern. Man sieht, wie die Tektite in ihrer Gesamtheit mehr gegen die Linie  $\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$  gerückt sind und wie die einzelnen Typen wieder zu selbständigen Gruppen zusammentreten. Wie in bezug auf den Kieselsäure- und Ton-

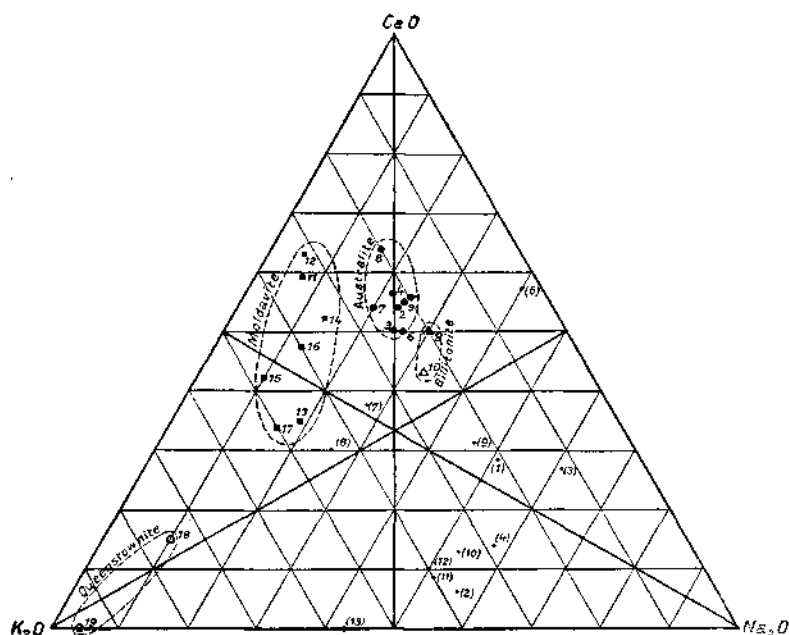


Fig. 1.

1—8 = Australite, 9—10 = Billitonite, 11—17 = Moldavite, 18—19 = Queens-townite. Die Ziffern in Klammern bezeichnen die Analysenpunkte der von Merrill und Dunn zitierten Obsidiane (s. Seite 92).

erdegehalt, stellen auch hier die Moldavite den extremsten Typus dar. Daß die Analysenpunkte der Moldavite weniger geschlossen gruppiert sind als die der Australiten, mag dadurch begründet sein, daß bei dem geringen Gehalt an Kalk und Alkali die Verhältniszahlen zwischen den drei Stoffen nicht mit der gleichen Genauigkeit festgestellt sind; die umschließende Kurve ist eine Fehlerellipse.

Nur zwei aus den von Dunn angeführten Analysen (Nr. 7 und 8) zeigen ein ähnliches Alkali-Kalkverhältnis wie die Tektite. Beides sind unvollständige Analysen von Trachyt-Obsidian-Staub, mit hohem Wassergehalt von 6% und darüber. Der gesamte Alkaligehalt ist höher, der Magnesiagehalt weit geringer als bei den Tektiten.

Die Durchsicht von ca. 350 Analysen saurer Ergußgesteine und Gläser in Osanns Tabellen<sup>20)</sup> zeigt, daß hier ein ähnliches Kalk-Alkaliverhältnis nur ganz ausnahmsweise, unter besonderen Umständen wiederkehrt. Weit aus die größte Mehrzahl der Analysenpunkte würde in die Hälfte des Dreieckes rechts unten, welches durch die Mittellinie nach  $K_2O$  abgeteilt wird, fallen. Eine geringere Zahl rückt über die Mittellinie hinaus, umlagert den Mittelpunkt und ist der Spitze  $K_2O$  genähert.<sup>21)</sup>

Die zweite chemische Eigenart, welche sämtliche Tektite gegenüber vulkanischen Gesteinen auszeichnet, der hohe Gehalt von Magnesium und Eisen im Verhältnis zu den Alkalien bei hoher Azidität, läßt sich in der Dreiecksprojektion nach Osann darstellen und mit anderen Analysen vergleichen. Hier wurde die von Becke gegebene Modifikation gewählt,<sup>22)</sup> und zum Vergleiche die ebenfalls von Becke angegebenen mittleren Typen der wichtigsten Tiefengesteine (nach Daly) eingesetzt.

---

<sup>20)</sup> A. Osann. Beiträge zur chemischen Petrographie. II. Teil. Analysen der Eruptivgesteine aus den Jahren 1884–1900. Stuttgart 1905.

<sup>21)</sup> Einige Ausnahmen unter den sauren Gläsern und Ergußgesteinen in Osanns Tabelle rücken in das Tektitgebiet. Nr. 1347 der Tabelle von Osann ist ein Pechstein von Liwan in Persien, mit 79.42 Mol.-Perz.  $SiO_2$ , nur 0.04 Mol.-Perz.  $MgO$  und 7.38 Mol.-Perz.  $N_2O$  (Glühverlust). — Nr. 1338 das Salband eines Augitandesit von der Insel Arran mit 55.79  $SiO_2$ . — Nr. 1358 ein Augitporphyrmandelstein aus den Karpathen mit 44.17  $SiO_2$ . — Nr. 1124 ein Quarzporphyr aus Schweden mit 68.55 Mol.-Perz.  $SiO_2$  und nur 0.17  $MgO$ . — Nr. 1151 weißer Quarzporphyr von Leadville (Colorado) mit 79.74 Mol.-Perz.  $SiO_2$  und sehr wenig Eisen und Magnesia. — Nr. 1348 perlitischer Pechstein aus New South Wales mit 75.51 Mol.-Perz.  $SiO_2$ , 1.01  $FeO$  und 0.24  $MgO$ . — Es sind somit durchwegs Gesteine, die keine weitere chemische Beziehung zu den Tektiten zeigen. Im übrigen kehren ähnliche Alkalikalkverhältnisse wieder bei manchen Porphyren und Phonoliten mit weniger als 60 Mol.-Perz.  $SiO_2$ .

<sup>22)</sup> F. Becke. Intrusivgesteine der Ostalpen. Tschermaks Min.-petr. Mittl. 1912, Bd. 31. S. 545, und Chemische Analysen von kristallinen

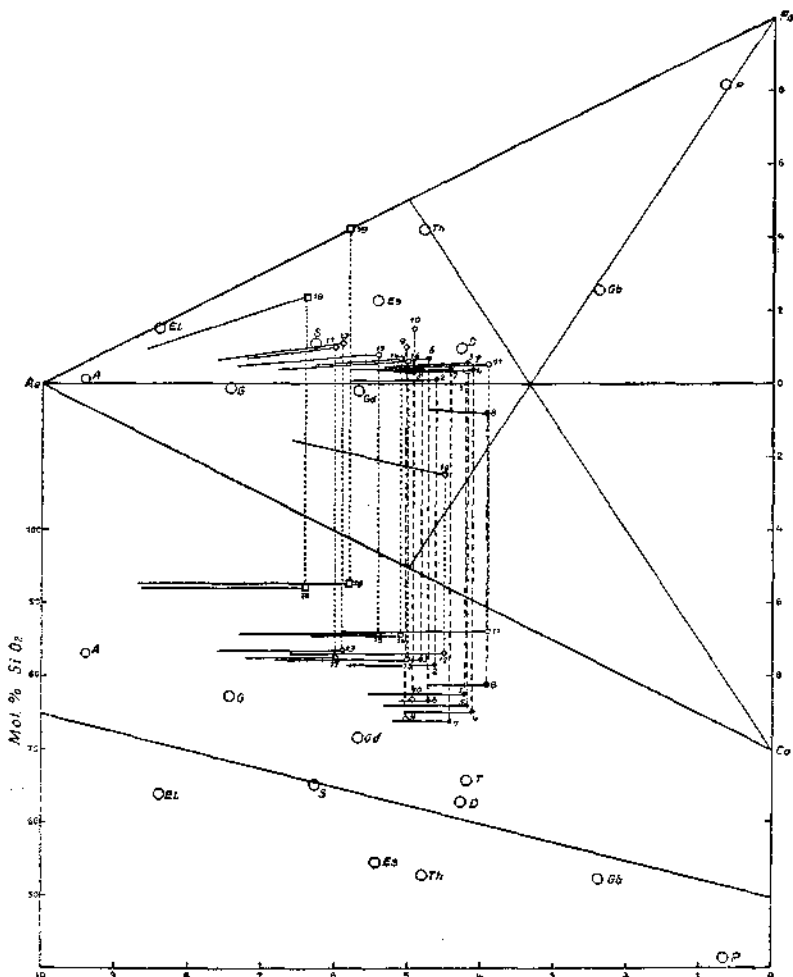


Fig. 2.

Osannsche Dreiecksprojektion modifiziert nach Becke. Analysenpunkte 1—18 = Australite, 9—10 = Billitonite, 11—17 = Moldavite, 18—19 = Queens-townite. Die Buchstaben bezeichnen die Analysenpunkte der Hauptgesteinstypen nach Daly und Becke, u. zw. A. = Alaskit, G. = Granit, El. = Eläolith-syenit, S. = Syenit, Gd. = Granodiorit, Es. = Essexit, Th. = Theralit, T. = Tonalit, D. = Diorit, Gb. = Gabbro, P. = Peridotit.

Gesteinen aus der Zentralkette der Ostalpen. Denkschriften der math.-nat. Kl. d. kais. Akademie d. Wissenschaften, Wien 1912, Bd. 75, S. 58.

An Stelle der Osannschen Werte  $A \approx (R, K, Na) Al_2 O_3$ ,  $C = Ca Al_2 O_4$ ,  $F = (Ca, Mg, Fe)$ , O wird gerechnet  $A = (K, Na) Al O_3$ ,  $Co = Ca Al_2 O_4$ ,  $Fe = (Ca, Mg, Fe)$ ,  $O_2$  aus diesen werden die Werte  $a_0 + c_0 + f_0 = 10$

Nur bei den Billitoniten fällt ein kleiner Teil des Calciums zu F. Bei den Moldaviten und Australiten verbleibt wegen des Tonerdeüberschusses sämtliches Kalzium in C. Die überschüssigen Tonerdemoleküle wurden nach dem Beispiele von Becke und Stark zu A. addiert, demnach ein zweiter Analysenpunkt neben  $a_0:f_0:c_0$ ;  $a_{,0}:f_{,0}:c_{,0}$  berechnet und in das Dreieck eingetragen. Wenn auch hier der Tonerdeüberschuß eine andere Bedeutung haben mag als in Eruptivgesteinen und nicht angenommen werden kann, daß aus den unzersetzten Gläsern Alkalien ausgelaugt wurden, so sollte er doch durch die Linie, welche die Punkte  $a_0$ ,  $c_0$  und  $f_0$  mit  $a_{,0}$ ,  $c_{,0}$  und  $f_{,0}$  in der Richtung auf A verbindet, ersichtlich gemacht werden.

Man wird wohl kaum ein normales irdisches Magma antreffen, bei welchem mit gleicher Lage des Analysenpunktes in der Dreiecksprojektion die Ordinate für die Molekularprozentage  $\text{SiO}_2$  gleich hoch hinaufgerückt ist. Auch hier stellen die Moldavite den extremsten Typus unter den Tektiten dar.

Bei der Besprechung der chemischen Beschaffenheit der Tektite in meiner Arbeit im Jahre 1900 hat es sich in erster Linie darum gehandelt, darzutun, daß es sich hier nicht um künstliche Gläser handelt und daß die drei Arten von Tektiten untereinander nahe verwandt sind; daß die Schwankungen der Basen bei wechselndem  $\text{SiO}_2$ -Gehalte sich in derselben Weise vollziehen wie bei vulkanischen Gesteinen. Es war hiezu die Projektsform nach Iddings gewählt worden. Ich bin nun in der Lage, auf Tafel III die Darstellung mit vollständigerem und besser gesichtetem Analysenmaterial zu wiederholen. Sie gibt nun eine bequeme Übersicht der chemischen Beziehungen der einzelnen Tektitarten untereinander.

Die Australite sind im ganzen basischer als die Moldavite, aber die sauersten Australite (Analyse Nr. 3) erreichen

für die Dreiecksprojektion berechnet, Man erhält die Werte leicht aus den Osannschen Ziffern, wenn man a verdoppelt, f halbiert und die neuen Ziffern auf die Summe 10 bringt. In der Vertikalprojektion unter dem Dreieck sind auch die Molekularprozentage  $\text{SiO}_2$  eingetragen. Die von Becke eingeführte Zählung der Oxyde hat den Vorteil, daß in der Vertikalprojektion die Sättigungsgrenze an  $\text{SiO}_2$  für die einzelnen Metallmolekülgruppen als gerade Linie erscheint. Sie würde über dem Dreieck als gegen  $A_0$  ansteigende Linie erscheinen.

bereits den Kieselsäuregehalt der basischesten Moldavite (Nr. 12, 13 und 17).

Die Differentiationsreihen beider Arten zeigen die gleiche Gesetzmäßigkeit. Das Bild beider ist so ähnlich, daß es zunächst scheint, als würde sich die Reihe der Australite in den Moldaviten fortsetzen. Doch kann man leicht erkennen, daß mit den Moldaviten eine neue, zwar nahe verwandte, aber doch deutlich unterschiedene Reihe beginnt. Das zeigen besonders die Tonerdelinie und das verschobene Alkaliverhältnis: nämlich der größere Überschuß der Moleküle von Kali über Natron der in allen Moldaviten gleich bleibt.

Von Billitoniten besitzen wir bisher nur zwei vollständige Analysen, aber sie zeigen bereits sehr deutlich, daß trotz der innigen Verwandtschaft mit den übrigen Tektiten eine dritte, auch chemisch unterschiedene Gruppe von Körpern vorliegt. Der Stelle über der  $\text{SiO}_2$ -Abszisse würde bei den Australiten ein höherer Tonerdegehalt entsprechen; dies, und vor allem der höhere Alkaligehalt, in welchem die Molekülzahl von Natrium größer ist als jene des Kaliums, verbieten einen unmittelbaren Anschluß an die Differentiationsreihen der anderen Tektitarten.

Die drei Haupttektitarten sind zwar chemisch sehr nahe verwandte, aber klar voneinander abzutrennende Varianten eines von den irdischen Gläsern wohl unterschiedenen Magmas. So wie in Verbreitung und der Gestalt nach gehören die Stücke einer Art auch der Substanz nach zusammen. Moldavite, Australite und Billitonite sind jedenfalls durch drei gesonderte Ereignisse derselben Art entstanden.

### Queenstownite.

Der gütigen Vermittlung des Herrn W. H. Twelvetrees verdanke ich folgenden von Herrn Loftus Hills verfaßten Bericht über die Entdeckung und das Vorkommen der hier als „Queenstownite“ bezeichneten Gläser.

>Geological Survey of Tasmania. Oct. 6th. 1913.

#### The Darwin Glass.

This substance is of great scientific interest. The writer desires in this record to give a complete account of its discovery and occurrence.



**Discovery.** The glass has been known for some years to a few men who have resided on the field. Its strange character was early realised by them, and their speculations as to its nature and origin resulted in applying to it the term „petriefield kelp“. Although known locally for a number of years it is only quite recently that its occurrence has been brought under the notice of the Geological Survey.

The date of the first discovery is uncertain, but Anthony Bruscoe, an old identity of the field, claims to have been the original discoverer, the locality being what is known as the Ten Mile Hill up which he used to pack his food supplies on the eastern slope of Mt. Darwin.

In 1910 M. Donoghue, field assistant to Mr. L. K. Ward, B. E. who was then Assistant Government Geologist, gave the latter a few pieces of slag-like glass collected from the eastern side of Mts. Jukes and Darwin. As however copper smelting Works had previously existed at Crotty on the eastern side of those mountains, the specimens were only casually examined and laid aside as possibly being nothing other than furnace slag.

Towards the close of 1912 a fragment of light green vesicular glass was received by the Geological Survey from Mr. Hartwell Conder, M. A., State Mining Engineer, who stated that it had been dug up in track cutting by trustworthy men from a depth of 6 feet at a point about three miles west of Mt. Sorell. This was puzzling, but the writer was at that time inclined to regard it as glass which had fused in a camp fire, lighted perhaps by a party from the early convict settlement on Macquarie Harbour.

Early in the present year (1913) Mr. Conder on receiving from Anthony Bruscoe a few fragments of the glass, recognised its resemblance to that from the west of Mt. Sorell, and as a result, the writer, who was then engaged on the geological survey of the Jukes and Darwin mineral field, proceeded to investigate its actual occurrence. The possibility of an artificial origin was at once negatived.

**Occurrence.** The localisation of the first discovery, as stated above, was the Ten Mile Hill, the eastern foot of which is skirted by the North Lyell railway. The hill rises from this point to a height of 500 feet above the railway line with

a slope of 1 in  $2\frac{1}{2}$ . The glass occurs from the level of the railway to a point 400 feet above it and there ceases. This point is 1240 feet above sea level. The glass is found in fragments of various sizes from  $\frac{1}{2}$  inch to  $2\frac{1}{4}$  inches in length lying loose on the surface or in the superficial detritus, but confined to the upper 9 inches of the deposit. The underlying rock is either quartzite or sandstone of the West Coast Range Conglomerate series, of indeterminate pre-Silurian age: the detrital cover consists of angular fragments of these rocks with the accompanying glass.

The disappearance of the glass before reaching the summit of the hill is very marked, and the writer in no part of the field found it at a greater height than 1240 feet above sea level.

On the western side of the Ten Mile Hill is a depression, west of which the country rock consists of the felsites and felsitic schists of the Porphyroid division. Neither in this depression, nor on the ascending slope, nor on the plateau itself is any of the glass observable. Alluvial deposits on the plateau have been sluiced for gold, but no glass has been observed in them.

North of the Ten Mile it has been constantly found at intervals as far as Crotty, and again in limited quantity on the track to the Mt. Jukes Proprietary mine, but there also ceasing at a horizon corresponding with that at the Ten Mile Hill.

It has also been met with east of the railway line, lying directly on Silurian limestone and in soil composed wholly of the residual weathering products of the limestone. Its distribution in an easterly direction has not been examined. In no case has it been found high up on the mountain ranges.

Summing up therefore, it may be said that the distribution of the glass on the eastern side of the mountain range is restricted to a narrow strip of country about 9 miles from north to south and  $\frac{1}{4}$  mile wide, and not exceeding 1240 feet above sea level.

It is most plentiful at the Ten Mile Hill, where by searching, it can be picked up in appreciable quantities.

On the western side of the mountain range it has been reported, as stated above, from a point 3 miles west of Mt. Sorell; and quite recently Anthony Bruscoe has reported its occurrence at Flannagan's Flat west of Mt. Darwin.

These are the only reported occurrences in Tasmania.

(signed) Loftus Hills, M. Sc."

Einem Briefe des Herrn Twelvetrees kann ich noch folgende Angaben entnehmen:

„ . . . . . They (the mysterious pieces) have been found on each side of Mt. Darwin and at a third locality of the south of it, 1½ mile inland from Macquari harbour.

At the last mentioned place they were found in gravel under the grass.

The place however where most of them occur is in the valley at the eastern foot of Mt. Darwin. A mining Compagny's railway runs along this valley and in the railway cutting a layer of gravel and detritus is exposed just below the surface soil. This layer is 15 inches thick and the fragments of vesicular glass occur in the upper 9 inches of the deposit.

The pieces may be found in the surface soil also for several hundred feet up the mountain and at intervals for 8 or 9 English miles along its base. The bed rock is conglomerat of pre-Silurian or lower Silurian age. In vicinity are felsite and granite of still greater age. No recent or tertiary volcanoes exist near and the only volcanic rocks in the island are basalt.

The pieces are numeros; probably a collector could gather a few kilos in a day. Rarely pieces occur which are 2 to 2½ inches long.

A partial analysis has been made here, showing 83 to 84% silica, a remarkable percentage. . . . .“

In seinem ersten Briefe bemerkte Herr Twelvetrees ausdrücklich: „Diese Partie der Insel wird nicht bewohnt und an eine künstliche Quelle ist nicht zu denken.“

Herr Twelvetrees übersandte mir im ganzen 26 Stücke. Zwei kleinere Exemplare wurden zu chemischen Analysen und zwei weitere Splitter zu Dünnschliffen verwendet.

Sie bestehen aus reinem Glas von wechselnder Farbe und Beschaffenheit, doch kann man aus vorliegender Auswahl schon ersehen, daß Übergänge zwischen den extremen Ausbildungen vorhanden sind. Auf der einen Seite stehen klare kompakte Gläser mit nur spärlichen, gestreckten Blasen von etwas schmutziggrüner Farbe, im auffallenden Lichte hell und fast vollkommen durchsichtig. Die Oberfläche ist fast glatt, nur mit der Lupe werden feinste Rauigkeiten wahrgenommen.

Von diesem Extrem scheinen Varianten nach zwei Richtungen abzuzweigen. Die einen sind schmutzigbraun bis helltabakbraun im durchfallenden Lichte, im auffallenden Lichte fast schwarz, dunkel. Wenn die Oberfläche etwas rauher ist, dann sieht man sie unter der Lupe überdeckt mit sehr kleinen, aber ungleich großen, meist rundlichen Grübchen, die lebhaft, lackartig, glänzen. Einige dieser braunen Gläser (Taf. II) sind ungemein reich an rundlichen oder gestreckten Blasen. Bruchstücke dieser Art (Fig. 4) sind nur kantendurchscheinend und enthalten ganz blasige, fast schaumartige Partien (Fig. 11). Es macht den Eindruck, wie wenn die inneren Teile der Flächen, von denen die Bruchstücke stammen, blasenreicher wären als die schmalen, ausgezogenen Enden und kleineren Tropfen.

Weitere Beispiele sind hochgradig gezerrt, so daß die Blasen streifig in die Länge gezogen sind; die Oberfläche ist von den glänzenden Streifen eng durchfurcht (Fig. 4). Diese Streifung zeigt unter dem mir vorliegenden Material eines von den braun kantendurchscheinenden Stücken und einige lichtere Exemplare mit weißlicher Färbung im auffallenden Lichte, an den Kanten schmutzig gelblich-grün durchscheinend. An dem in Fig. 5 a und b abgebildeten Stücke sind Blasen und Fluidalstreifung so stark gezerrt, daß fast ein matter Seidenglanz zustande kommt. Die Stücke (Fig. 5, 6) führen, was die Beschaffenheit des Glases betrifft, zu dem dritten Extrem, welches in den Stücken Fig. 14 und 15 vertreten ist. Dasselbe ist schmutzigweiß, mit mattem Glanze, von emailartiger Beschaffenheit, nur wenig durchscheinend.

Frische Bruchflächen haben einen lebhaften pechsteinartigen Glanz. An älteren, matt gewordenen Bruchflächen wird neben den Blasenlöchern die fluidale Streifung des Glases sichtbar.

Der Vergleich mit Seetangasche und der Name „petrified kelp“, welchen die ersten Finder dem Glase gegeben haben, weist auf die unregelmäßige, fladenartige Gestalt. Doch zeigen fast alle vorliegenden Stücke auch Bruchflächen, so daß die ganze Form der einzelnen Glasfladen, von denen sie abstammen mögen, nicht mehr erkannt werden kann.

Die Abbildungen auf Taf. II geben einen besseren Begriff von der Unregelmäßigkeit und Mannigfaltigkeit der Gestalten, als er durch eine beschreibende Analyse geboten werden könnte. Man sieht kleinere, tränenförmige, gestreckte oder gebogene Tropfen (Fig. 9), quer gebrochene Bruchstücke zylindrisch gestreckter und gezerrrter Fladen (Fig. 5, 6); dickere Fladen, bald homogener Beschaffenheit der kompakten Glasmasse, bald wirr streifig, wie besonders bei den schlackig-emailartigen Stücken (Fig. 14 und 15). In ersterem Falle scheint das Glas bei der Formbildung dünnflüssiger gewesen zu sein.

Daneben sieht man Bruchstücke von breiteren, ganz unregelmäßigen Fladen in zartere, tropfenartige und wulstige Apophysen auseinandergeflossen (Fig. 1 und 2), manchmal, bei sehr dünner Hauptwand, an den Rändern und Anhängern wulstartig verdickt (Fig. 2 und 3). Daneben gibt es wieder breite, glattwandige Tropfenenden (Fig. 7).

Sehr auffallend sind die kleinen Tropfen, die an größeren wie angeschweißt haften (Fig. 5 a Mitte und Fig. 10).

Es macht nicht den Eindruck, wie wenn das Glas als Schmelze irgendwo ruhig ausgeflossen wäre; es müßte weniger gezerrrte, mehr kompaktere Formen mit gleichmäßiger gerundeten und glatteren Oberflächenskulpturen darbieten. Die Schmelze scheint vielmehr irgendwo abgetropft oder besser abgeschleudert worden zu sein. Darauf deuten die zerrissenen Fetzen (Fig. 1 und 9) und die starre Zerrung des Glases. Der große Blasenreichtum läßt auf starke Gasentwicklung in der Schmelze schließen.

An der Oberfläche der Stücke, namentlich in den Vertiefungen, haften häufig Sand und Staubreste und auch Wurzelfasern; in enge Falten und Fugen der gezerrrten Stücke sind Quarzkörner manchmal fest eingeklemmt. Zumeist läßt sich das anhaftende Material leicht abreiben und eine Anschmelzung oder Einschmelzung von Mineralkörnern konnte ich nirgends beobachten.

Zwei Analysen, welche ich der Güte des Herrn Hofrates Prof. E. Ludwig verdanke, ergaben folgende Ziffern:

	18	19
	I	II
Si O <sub>2</sub>	88.764	89.813
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.127	6.207
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0.258
Fe O	1.238	0.895
Mn O	Sp.	Sp.
Mg O	0.575	0.727
Ca O	0.174	—
Na <sub>2</sub> O	0.129	0.010
K <sub>2</sub> O	1.363	1.054
Ti O <sub>2</sub>	1.240	0.857
Summe	99.610	99.821
Spez. Gew.	2.2921	2.2845 <sup>24)</sup>

Andere Bestandteile waren nicht vorhanden.

I. Queenstownit. Mt. Darwin, olivengrün, Gewicht fast 6 g.

II. Queenstownit. Mt. Darwin, schmutzigweiß, Gewicht fast 4 g.

Das vollständige Fehlen des Kalziums in II ist sehr auffallend. Dieser Umstand, ferner der relativ hohe Gehalt an Eisenoxyd, der in I fehlt, sowie die schmutzigweiße Farbe des Stückes lassen vermuten, daß nicht mehr ganz unzersetzte Substanz vorliegt.

Es scheint mir nicht leicht, ein bestimmtes Urteil über das merkwürdige Vorkommen zu gewinnen.

In Europa würde man solche schlackenartige Gläser sicherlich zunächst nach dem äußeren Habitus für irgendwelche Kunstprodukte halten und als solche wenig beachten und kaum aufsammeln. Die Art des Vorkommens schließt aber nach dem Urteile der tasmanischen Geologen, Mr. Twelvetrees und Mr. Hills, eine solche Deutung vollkommen aus. Die Glasstücke sind in gänzlich unbewohnter Gegend in ziemlicher Zahl auf der Strecke von neun Meilen Länge ausgestreut; sie finden sich bis neun Zoll tief im Schutt unter der Ober-

<sup>24)</sup> Auf Wasser von 40=1.0 berechnet. Herr Hofrat Ludwig bemerkte hiezu noch folgendes: »Bei der Bestimmung wendete ich zunächst Splitter des Materiales an, da ergab sich bei II. eine auffallend geringe Zahl; das erklärt sich bei näherer Betrachtung durch sehr kleine Bläschen, welche in der ganzen Masse verteilt waren, es wurden daher die Bestimmungen mit gepulvertem Material wiederholt.«

fläche. Aber nicht nur in Tasmanien, wo nach der Aussage der Prähistoriker das Feuer vor 400 Jahren noch unbekannt war, auch in Europa würden sich die Chemiker gewiß sträuben, ein so auffallend silikatreiches und kalkarmes Glas mit relativ hohem Tonerdegehalt als Kunstprodukt anzuerkennen. Es ist gewiß noch schwerer schmelzbar als die Moldavite, deren hoher Schmelzpunkt schon seit langem von Habermann, Wenzlicke, Bareš u. a. als Hauptargument gegen deren künstlichen Ursprung geltend gemacht wurde (s. Herk. S. 207, 247 und 368).

Gegen die Annahme, daß hier vulkanische Schlacken vorliegen, sprechen im allgemeinen dieselben Gründe wie bei den Tektiten, und zwar: 1. Die große Entfernung von tätigen oder geologisch jungen Vulkanen (s. Herkunft, S. 362 ff.); ein weiter Transport durch die Luft durch gewaltige Explosionen kann nicht angenommen werden. In diesem Falle müßten die einzelnen Scherben weithin verstreut worden sein, während sie, nach dem Berichte des Herrn Loftus Hills, am Fuße des Mt. Darwin auf ziemlich enger Strecke in großer Zahl zu finden sind. Ein längerer Transport durch Wasser müßte Spuren auf den Stücken zurückgelassen haben. 2. Die allgemeine Form von ausgefranzten Schlacken, die für die bekannteren vulkanischen Gläser, wenn überhaupt, gewiß selten vorkommt. 3. Das Fehlen der Mikrolithen in dem kompakten Glase. 4. Das Fehlen von Wasser, welches sowohl aus der Analyse, wie aus dem Verhalten vor dem Lötrohre zu erkennen ist. 5. Die chemische Beschaffenheit, insbesondere der außerordentlich hohe Kieselsäuregehalt und die Alkali-Kalkverhältnisse, nach denen sich diese Stücke von bekannten vulkanischen Gläsern noch mehr unterscheiden als die oben besprochenen Tektite.

Ähnliche saure, grüne Gläser entstehen aus Silikatgesteinen durch Blitzschlag. Prof. Twelvetrees hat auf diese Beziehung in seinem Briefe auch flüchtig hingewiesen und bereits Frank Rutley hat die chemische Ähnlichkeit mancher Fulgurite mit den Moldaviten hervorgehoben<sup>25)</sup>; beide sind grüne, wasserfreie Gläser; auch könnten wohl Gläser von der chemischen Zusammensetzung der Queenstownite durch Blitzschlag entstehen.

<sup>25)</sup> Quat. Journ. of the Geolog. Soc. London 1885, S. 152.

Ich hatte Gelegenheit, im geologischen Institute Professor Heims in Zürich die schöne Sammlung zentralalpiner Fulgurite zu sehen. Es sind durchwegs ziemlich dünne Krusten oder flach anhaftende Tropfen grünlichen oder bläulichen Glases, welche stets noch mehr oder weniger unaufgeschmolzene Reste des kristallinen Silikatgesteins enthalten. Sie bieten keine weiteren Vergleichspunkte mit den meist viel größeren und aus reinem Glas bestehenden Queenstowniten.

In anderen Fällen erreichen sie wohl größere Dimensionen; die Blitzröhren in den Sandböden nördlich von Krakau werden nach Römer  $2\frac{1}{2}$  Zoll, solche im Andesit vom Ararat nach Abich 3 cm dick. Über die Dicke der eigentlichen Glasschicht wird dabei nichts gesagt.

Jedenfalls scheint mir die Bildung so zahlreicher Trümmer von völlig reinem Glase ohne jegliche Einschmelzungserscheinung von über 0.5 cm Dicke und mehr als 5 cm Länge durch Blitzschlag ganz ausgeschlossen.

Gläser oder Schlacken können ferner noch entstehen durch Verbrennen großer Massen kieselsäurereicher Grasarten. Brezina (8) hatte auf die große Ähnlichkeit der chemischen Analyse der angeblich zu Igast gefallenen Schlacke mit Analysen der Moldavite hingewiesen. Gewiß ein höchst auffallender Umstand, der zunächst zugunsten der meteorischen Natur der Schlacke zu sprechen schien. Nun hat Michel<sup>(40)</sup> das Stück genauer untersucht und gezeigt, daß die hohe Kieselsäure von eingeschlossenen Quarznestern herrührt. Die Schlacke selbst ist ziemlich basisch und enthält Pyroxen, Plagioklas und Magnetit in einer Glasgrundmasse. Michel konnte das Stück mit Bestimmtheit als Kunstprodukt erklären und Wichmann (41) vergleicht es mit den Endprodukten der Verbrennung großer Heuschoker. Für die Queenstownite ist der Vergleich aber nicht anwendbar. Nach den mir vorliegenden Beschreibungen von Wichman, Hubert<sup>26)</sup> und Vélain sind solche Schlacken leicht schmelzbar, sehr blasig,

---

<sup>26)</sup> A. v. Hubert. Geschmolzene Heuschokerasche. Berichte über die Mitteilungen von Freunden der Naturwissenschaften. Herausgegeben von W. Haidinger, Wien 1848, Bd. 11, S. 64. — Ch. Vélain. Étude microscopique des verres résultant de fusion des cendres de graminées. Bulletin de la Soc. Mineralogique de France. Tom. I. 1878, S. 113.



oft schwammig, stark gefärbt, von geringer Durchsichtigkeit; sie enthalten stets Kristallite, wenn auch manchmal nur in geringer Menge, nicht selten aber auch noch verkohlte Pflanzenreste. Die Analysen von Hubert und Vélain geben einen  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von wenig über 50%. Phosphorsäure, die wohl keiner Pflanzenasche fehlt, ist auch hier in nicht unbeträchtlicher Menge vorhanden (1.5 bis 9.4%). Dazu kommt noch ein ziemlich hoher Kalkgehalt.

Es zeigt sich keine Ähnlichkeit mit den Analysen der Queenstownite. Nach aller Erfahrung entstehen derartige Schlacken nur, wo größer übereinander geschichtete Massen von Stroh oder Heu verbrennen; in dem unkultivierten Gebiet kann ein solcher Vorgang nicht angenommen werden. Zu diesen Erwägungen, welche die Deutung der Queenstownite als Grasschlacken ausschließen, kommt noch deren Verbreitung auf eine ziemlich große Strecke und das Fehlen jeglicher Einsmelzung irgendwelcher erdiger oder mineralischer Bestandteile.

Unter allen bekannten Naturkörpern sind die Tektite in der Beschaffenheit und in der Zusammensetzung den neuen tasmanischen Gläsern am ähnlichsten. Von den regelmäßig individualisierten Gestalten der Australiten und Billitoniten und vieler Moldaviten unterscheiden sie sich zwar recht auffallend durch die gänzlich unregelmäßigen, schlackenfetzenartigen Formen; dagegen besteht eine nähere Beziehung zu jenen Typen der Moldavite, welche ich als gezernte Formen bezeichnet habe (s. Herkunft S. 303). Die Unterschiede und Ähnlichkeiten sollen im folgenden hervorgehoben werden.

Die Moldavite sind meist schön hellgrün, seltener bräunlichgrün und im durchfallenden Lichte, wenn sie nicht allzu dick sind, sehr klar durchscheinend. Die Queenstownite sind variabler in der Farbe, meist mehr schmutzig-gelblichgrün und weniger klar, manchmal schmutzig-weiß; in diesem Falle werden sie durch den Reichtum an Blasen undurchsichtig, nur die Kanten bleiben schwach durchscheinend. Sonst ist ihre Durchsichtigkeit wohl hauptsächlich durch die anhaftenden Unreinigkeiten häufig gemindert.

Sie zeigen keine Moldavitskulptur; nichts von den scharfen Kerben und gestreckten Furchen oder der feinen Fiederung, wie sie in höchst charakteristischer Ausbildung namentlich

an den böhmischen Moldaviten häufig ist; keine Andeutung der Abbildung der Luftabströmungslinien; aber auch keine sonstigen größeren Gruben, die als Ätzungen gedeutet werden könnten.

Die zarte Granulierung, die aus ungleich großen Grübchen besteht und einen lebhaften Glanz, eine dunklere Farbe im auffallenden Lichte bewirkt, wird auf vielen Moldaviten und auf vielen Queenstowniten in gleicher Weise unter der Lupe wahrgenommen. Sie ist wohl durch oberflächliche chemische Korrosion entstanden.

Das Glas der Moldavite ist klarer und kompakter und weniger blasenreich, nicht selten enthalten sie vereinzelte bis erbsengroße Blasen. Aufgebrochene Blasen werden mehr als haselnußgroß (s. Herk. Fig. 314). Niemals fand ich aber in den Moldaviten Partien mit dem Reichtum kleiner Blasen wie in den tasmanischen Gläsern, unter denen ja, wie erwähnt, auch förmlich schaumige und schlackenartige, fast undurchsichtige Stücke vorkommen.

Im Gegensatze zu den außereuropäischen Tektiten und vielen Moldaviten, sind die Queenstownite durchwegs Bruchstücke, wie die meisten der böhmischen Moldavite (s. Herk. S. 286 ff.). Wie bei diesen, wird durch Anwitterung eine gewundene Fluidalstruktur sichtbar; sie ist wie dort am Querbruche mancher gestreckter Formen besonders deutlich.

Wie bemerkt wurde, sind sie am ähnlichsten den „gezerzten Formen“ unter den Moldaviten, welche seinerzeit der Form nach mit gezerzten vulkanischen Auswürflingen verglichen wurden (s. Herk. S. 303). Auch hier finden sich wulstförmige und zapfenförmig gestreckte, meist quer abgebrochene Stücke; doch stammen die Queenstownite durchwegs von kleineren Gestaltungen und sind mit zarteren Einbuchtungen und Anhängen weit mannigfaltiger skulpturiert. Niemals sah ich bei Moldaviten kleine Tropfen, die wie angeschmolzen an den größeren Stücken haften, wie sie auf Fig. 15a und 10 abgebildet sind. Ein näherer Vergleichspunkt sind die ungemein lange linear gestreckten Blasen, die an der Oberfläche der gezerzten Moldavite, als sogenannte „Blasenbahnen“ sichtbar werden (s. Herkunft S. 304, Fig. 28 und 29). An den Queenstowniten sind sie oft so dicht gedrängt, daß die seidenglänzende Streifung zustande kommt.

Entscheidend für die Beurteilung ist auch hier die chemische Zusammensetzung. Ein Silikatglas von so hohem Kieselsäure- und Tonerdegehalt kann keinesfalls als Kunstprodukt angesehen werden. Ebenso steht es weit ab von allen bekannten irdischen Magmen und es gelten hier im allgemeinen dieselben Unterschiede, wie bei den Tektiten. Allerdings ist das Gesamtbild der Analysen nicht derart, daß im Anschluß der drei übrigen genauer bestimmten Tektitgruppen als neue Gruppe unmittelbar ersichtlich wäre; doch treten einige tektitische Merkmale sehr auffallend hervor, sie bedingen zugleich die wesentlichen Unterschiede gegen irdische Magmen.

Mit dem außerordentlich hohen Kieselsäuregehalt und Tonerdeüberschuß rücken die Queenstownite noch weiter ab von vulkanischen Gläsern als die Moldavite. Gleich diesen sind sie daher durch auffallend großen Gehalt an Eisen und Magnesia gegenüber den spärlichen Alkalien charakterisiert. Man sieht wieder das bedeutende Überwiegen von Kalium über Natrium; das Alkalikalkverhältnis behält aber nicht mehr die für die Tektite kennzeichnende Position (Fig. 1. S. 94.) wegen der geringen Menge, bzw. völligen Abwesenheit (Analyse II) des Calciums. Wenn auch angenommen wird, daß Analyse II, die auch einen höheren Gehalt an Eisenoxyd aufweist, einem nicht mehr ganz unveränderten Stücke entnommen wurde, so zeigt sich hierin doch eine bemerkenswerte Verschiedenheit gegenüber den Tektiten. Sie bedingt die verschobene Position der Queenstownite in der Osann-Beckeschen Dreieckprojektion (Fig. 2). Ohne diese Eigenheit würden die beiden Analysenpunkte 18 und 19 wohl etwas abseits stehen von den Punkten der Tektite, aber als ein Glied derselben Gruppe, nur durch hohen Kieselsäureüberschuß unterschieden, wohl kenntlich sein. Die beiden Punkte 18 und 19 sind ziemlich weit auseinandergerückt, das rührt daher, daß sich bei dem sehr geringen Alkaligehalt die sehr kleinen Schwankungen der absoluten Mengen in den Verhältniszahlen stark zur Geltung kommen.

Ein wichtiges weiteres Merkmal, das in den Dreiecksprojektionen nicht zum Ausdruck kommt und einen näheren Anschluß an die Tektite begründet, ist der auffallend hohe Gehalt an Titansäure. Auch hierin stehen die Queenstownite

den sauersten Tektiten, nämlich den Moldaviten, am nächsten.<sup>27)</sup> Soweit man nach den vorliegenden Bestimmungen in einzelnen Analysen urteilen kann, steigt der Titangehalt in der Reihe der Tektite zugleich mit der Kieselsäure.

Die extreme Stellung der Queenstownite gegenüber der Reihe der Tektite ist am besten aus dem Diagramm Taf. III zu ersehen. Trotz der weiten Lücke, die der Unterschied im Kieselsäuregehalte zum Ausdruck bringt, wäre beinahe ein Anschluß an die Differentiationsreihe der Moldavite möglich, wenn nicht der geringe Kalkgehalt der Queenstownite den Zusammenhang stören würde.

Der Unterschied im Kalkgehalt fällt aber nicht so sehr ins Gewicht wie die gemeinsamen Merkmale, und die Queenstownite sind nach meiner Ansicht als eine neue Tektitart anzusehen und so wie die übrigen Arten durch besondere chemische Eigenheiten ausgezeichnet.

Den böhmischen Moldaviten stehen sie chemisch am nächsten; mit diesen haben sie auch, im Gegensatz zu anderen Tektiten, die Form unregelmäßiger gezerrter Fladen und Bruchstücke, und die relative Häufigkeit in einer nicht allzu ausgedehnten Zone gemein. Man muß vermuten, daß sie ähnlich wie die böhmischen Moldavite von einer oder wenigen größeren Glasmassen herkommen.

Außer dem Vorkommen abseits von allen Kulturgebieten und von geologisch jungen Vulkanen, liefern die Queenstownite selbst kein Argument für oder wider die Herkunft der Tektite.

Es ergibt sich die merkwürdige Tatsache, daß auf Tasmanien zweierlei Tektite auftreten. Außer den höchst auffallenden Gestalten der basischeren Australite, die an verschiedenen Punkten der Nordhälfte der Insel angetroffen werden, finden sich noch in der Nähe der Macquarie Bai die extrem sauren Queenstownite; schlackenförmige Gläser, die in Kulturgebieten kaum Beachtung finden würden und die Möglichkeit offen lassen, daß weniger auffallende Tektite auch in anderen Gegenden auftreten, bisher aber als Kunstprodukte angesehen und nicht näher untersucht wurden. Das wichtigste Merkmal für die Unterscheidung wird stets die chemische Analyse sein.

---

<sup>27)</sup> Der Titansäuregehalt wurde allerdings nur in der einen Moldavit-analyse von Hofrat E. Ludwig (Nr. VIII) genau bestimmt.

### Schlußbemerkungen.

In den vorhergehenden Auseinandersetzungen werden fünf Tektitarten anerkannt: die Moldavite, Australite, Billitonite, Queenstownite und der Schonit. Jede der Arten ist der Gestalt nach stark von den übrigen unterschieden. Abgesehen von dem Schonit, von dem keine chemische Analyse vorliegt, dessen kosmische Herkunft durch das Vorhandensein einer Schmelzrinde erwiesen wird (Eichstädt, 13. Wahl 24.) und der nach Farbe und Charakter des Glases den Tektiten zugehört, wird das Band zwischen den verschiedenen Tektitgruppen durch die chemische Verwandtschaft gebildet.

Ohne Zweifel sind alle Tektite irgendwelche Ejectamenta der gleichen gemeinsamen Abstammung, trotz ihrer recht verschiedenen Gestalt. Über die entscheidende Frage des „Woher“ können hier noch einige Überlegungen an früher Gesagtes angeknüpft werden. Die Queenstownite, deren Anschluß an die übrigen Tektitarten wohl anzunehmen ist, die aber in der Hauptfrage selbst kaum verwertet werden können, sollen dabei bei Seite gelassen werden.

Mit zunehmender Vollständigkeit und besserer Sichtung der Analysen gewinnt die chemische Zusammensetzung entscheidende Bedeutung für die Tektitfrage. Sie lehrt zunächst aufs deutlichste die innige Verwandtschaft der Haupttektittypen untereinander, deren in mehrfacher Hinsicht höchst auffallende Sonderstellung gegenüber den irdischen Obsidianen, die sich besonders in hohem Eisen und Magnesiumgehalte bei ganze ungewöhnlich hoher Azidität und dem eigenartigen Kalk-Alkaliverhältnis, und ferner auch in dem Gasgehalte, in der bedeutenden Armut an Wasser und in dem Fehlen der Mikrolithen ausdrückt. Bis auf den geringeren Kalkgehalt der Queenstownite sind alle diese Eigenschaften allen Tektiten gemeinsam. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Art der Herkunft bei allen Tektiten dieselbe sein muß; und es geht nicht an, wie dies versucht worden ist, für eine Art, etwa für die Australite oder die Moldavite, die Herkunft von irdischen Vulkanen anzunehmen und die übrigen einfach aus der Betrachtung auszuschalten.

Die chemischen Analysen zeigen überdies eine sehr deutliche und scharf definierte Nuancierung der Salzmischungen

für jede der Haupttektitarten. Sie lehren ebenso wie die Sondierung der verschieden gestalteten Tektitarten in weit getrennte Verbreitungsgebiete, daß jede derselben durch ein besonderes Ereignis entstanden ist.

Es zweifelt heute wohl niemand daran, daß die Tektite nicht durch Wasser oder sonst irgendwie von einzelnen Ursprungsorten her verschleppt wurden, sondern daß sie von oben her über weite Landstrecken ausgestreut wurden. Auf zweierlei Weise kann eine oberflächliche Ausstreuerung von Gesteinstrümmern bewirkt werden; durch die Kraft vulkanischer Explosionen oder durch Sturz aus dem Weltraume. Die Verschiedenheit von allem sonst bekannten meteoritischen Material und die Verwandtschaft (doch nicht Identität) mit Obsidian bestimmte manche Autoren, die Herkunft dieser sauren Silikatgläsern von irdischen Vulkanen anzunehmen.

Es muß gewiß zugegeben, ja als wahrscheinlich angenommen werden, daß der Vulkanismus in dem Zeitraume, von dem wir Kenntnis haben, noch nicht Gelegenheit hatte, alle seine Möglichkeiten zu entfalten. Zeigte ja z. B. erst 1902 die Montagne Pelée ganz neue Typen der Eruption und gewiß kann der Menschheit von dieser Seite noch manche großartige Überraschung bereitet werden. Auch ist es wohl denkbar, daß die vulkanischen Erscheinungen der Erde zeitweise bedeutend größere Heftigkeit erreicht haben als in der gegenwärtigen Epoche. Auch hier steht es uns nicht zu, den Naturgewalten nach dem Maßstabe unserer Erfahrung eine Grenze vorzuschreiben. Wenn wir uns auch nach dem, was uns die Erde bisher geboten hat, kaum ein Bild machen können von einer Eruption, welche imstande wäre, zahllose vulkanische Bomben über die ganze Breite des australischen Kontinents auszustreuen, so können wir doch nicht die Unmöglichkeit eines solchen Geschehnisses unbedingt behaupten.

Aber eine Vulkaneruption, welche einen neuen Tektitfall nach Art der früheren bewirken sollte, müßte sich nicht allein in bezug auf Intensität von allem, was wir kennen, weit unterscheiden. Außer der alle unsere Erfahrung weit überschreitenden Dimension wären noch andere Voraussetzungen notwendig. Zunächst ein weit höherer Hitzegrad, als wir ihn bisher kennen, welcher das schwer schmelzbare, extrem saure Magma in hoch-

gradiger Überhitzung und sehr dünnflüssigem Zustande erhält, so daß noch im Fluge Rotationsformen und hohle Blasen aus klarem Glase geformt werden können. Zwar sind saure Magmen besonders geeignet, beim Erstarren Gläser zu bilden und dies gerade wegen ihrer hohen Viskosität, die vollkommene Kristallisation beim Erstarren nicht gestattet. Die Formen der Australite setzen aber eine Dünnflüssigkeit voraus, wie sie an sauren eruptiven Auswürflingen kaum je beobachtet wurden.

Die chemischen Charaktere der drei am besten bekannten Tektitarten sind trotz aller Verwandtschaft so deutlich unterschieden, daß es nicht angeht, sie sämtlich von einem Ereignisse herzuleiten. Man müßte annehmen, daß dreimal<sup>27a)</sup> an drei verschiedenen Stellen der Erde gerade nur das absonderliche Tektitmagma und nur solches für diese extremsten Katastrophen verwendet wurde. Ein Magmatypus, für den bis jetzt überhaupt kein Vulkan auf der Erde namhaft gemacht werden kann. Es muß als ein für die Beurteilung der Tektitfrage günstiges Moment angesehen werden, daß die Tektite fast überall mit eigentümlicher Konsequenz die jungen Vulkangebiete vermeiden; das gilt ebenso für die Queenstownite und für das vereinzelte Glas mit Schmelzrinde von Schonen. Da die vulkanfreien Strecken auf der Erde unvergleichlich größere Räume einnehmen als die Vulkangebiete, besitzt diese Art der Verbreitung zufällig zur Erde gelangender Körper von vornherein größere Wahrscheinlichkeit.

Im ganzen Verbreitungsgebiete der Australite — auf eine Entfernung wie von Madrid bis Moskau — ist kein Vulkan bekannt, von dem sie abstammen könnten. Sie müßten von einem Zentrum außerhalb dieses Verbreitungsgebietes über ganz Australien verstreut worden sein und die Entfernungen zwischen den entlegensten Australienfundpunkten betragen mehr als 4000 Kilometer. Immerhin handelt es sich bei den Australiten, was die Art der Verbreitung betrifft, nur noch um eine Frage der Dimension.

Anders verhält sich dies bei den Moldaviten: auch hierauf habe ich bereits hingewiesen (Herkunft S. 363, und Karte S. 218). Dort liegen die Fundstücke nicht so diffus verstreut. Zwei Hauptfundgebiete, bei Budweis und bei Trebitsch, liegen

<sup>27a)</sup> oder, bei Berücksichtigung des Schoniten oder der Queenstownite, vier- oder fünfmal.

etwa 100 km voneinander entfernt. Bei der völligen chemischen Gleichartigkeit der Körper kaum an einem gemeinsamen Ursprunge aller nicht gezweifelt werden. Nun liegen am Westrande der Budweiser Ebene auf einem Streifen von ca. 30 km Länge Bruchstücke einer größeren Glasmasse zu Tausenden und aber Tausenden gehäuft. Es ist ebenso undenkbar, daß die Scherben von einem Hunderte von Kilometern entfernten Zentrum einzeln geschleudert wurden, wie daß eine einzige große Glasmasse ihren Weg aus so großen Entfernungen hierher genommen habe.

Eichstädt's (13) Meinung, daß für den kosmischen Ursprung der Moldavite nicht so zwingende Gründe vorliegen wie für den Tektiten von Schöner, ist wohl berechtigt; denn bei jenen fehlt die Schmelzrinde; er meint aber ferner, daß es nicht unmöglich oder nicht ganz unwahrscheinlich sei, daß die Moldavite „Auswurfsprodukte“ bisher noch nicht aufgefundenen Kryptovulkane seien, wie die durch Branco bekannt gewordenen Vulkanembryonen Schwabens oder jene der Eifel. Auch J. N. Woldrich (14, 27) hat diese Möglichkeit erwogen, bemerkt aber hiezu, daß allerdings bis heute in den Fundgebieten der Moldavite weder Vulkanembryonen, noch irgendwelche junge Eruptivgesteine aufgefunden worden sind.

Man kann noch hinzufügen, daß nicht nur im Moldavitgebiet, sondern im ganzen südlichen Grundgebirge der böhmischen Masse von Prag bis über die Donau hinaus, vom Bayrischen Walde bis an die Karpathen, nicht die geringsten Spuren jüngerer Eruption zu finden sind. Die Moldavitschotter gehören gewiß zu den jüngsten Tertiärbildungen dieser Gebiete und eine Überdeckung größerer Gebiete in späteren Zeiten kann nicht angenommen werden. Die Vulkanembryonen Schwabens stehen nach der Beschreibung Branca's über einem Basaltlakkolithen, der flach im Kalkstein intrudiert ist. Erscheinungen dieser Art sind in dem ausgedehnten Gneis- und Granitgebiete unmöglich. Überhaupt finden sich Durchschlagsschlote vom Typus der Vulkanembryonen vorwiegend, wenn nicht ausschließlich, in Kalkgebieten. Sie liefern wohl fast nur basische Laven; saure Gläser sind in dem ganzen Vulkangebiete Schwabens bisher unbekannt. Die trachytischen Bomben und Trachyttuffe des Ries sind nach den Untersuchungen von R. Oberdorfer, einem Schüler Prof. Sauers,



durch Aufschmelzung der sauren Granite entstanden.<sup>28)</sup> Isolierte Vulkanembryonen im Grundgebirge, welche nur saure Glas-  
trümmer und keine anderen vulkanischen Produkte geliefert  
haben, wie dies die Hinweise von Eichstädt und Wold-  
rich voraussetzen würden, sind bisher noch nirgends ge-  
funden worden.

Auch würden einzelne Vulkanembryonen nicht für die  
weite Ausstreuung der Moldavite genügen; vor allem aber  
dann nicht, wenn die Funde von Eggenburg und von Graz  
mit einbezogen werden müssen. Die Billitonite und Australite  
können gewiß nicht von Vulkanembryonen abgeleitet werden;  
und es ist doch gewiß nicht gut denkbar, daß die gleiche ab-  
sonderliche Glasart durch verschiedenartige Eruptionstypen  
geliefert werden sollte.

Wie die schönen Abbildungen von Dunn (40) zeigen,  
ist der Wulst der Australite, dünnflüssiger als die Hauptmasse  
der Stücke, durch den Luftwiderstand von der Unterseite der  
fallenden Stücke zurückgetrieben worden. Diese zeigt deut-  
lich, daß die Fallgeschwindigkeit der Stücke groß genug war,  
um eine Aufschmelzung des schwerschmelzbaren Glases her-  
vorzurufen. Vulkanische Bomben erstarren im Fluge, Ab-  
schmelzung wurde bisher nur bei der Fallgeschwindigkeit  
kosmischer Körper beobachtet. Das gleiche lehrt die Schmelz-  
rinde des Tektiten von Schonen (s. S. 81).

Ein noch ungelöstes Problem ist die auffallende Ver-  
schiedenheit der Gestalten der einzelnen Tektitarten. Die schön  
symmetrischen Gestalten der Australite bilden das eine, die  
gezerzten Moldavite und die schlackenähnlichen Queenstow-  
nite das andere Extrem. Vielleicht spielen die vom Kiesel-  
säure- und Tonerdegehalte abhängigen Unterschiede der  
Schmelzbarkeit hier eine gewisse Rolle, und sind die basi-  
scheren und leichter schmelzbaren Australite eher befähigt,  
Rotationsformen und Abschmelzungswülste zu bilden, während  
die sauren Moldavite und extrem-sauren Queenstownite nur  
zähgezerzte Fladen und Bruchstücke liefern können.

Die Meteoriten sind durchwegs einstmals aus Schmelz-  
fluß hervorgegangen und vulkanische Produkte im weiteren

<sup>28)</sup> R. Oberdorfer, Die vulkanischen Tuffe des Ries bei Nördlingen.  
Jahresh. des Ver. für vaterländ. Naturkunde in Württemberg. Stuttgart.  
Jahrg. 1905.

Sinne. Neben den Eisen- und den Vertretern der Tiefengesteine, die im Innern größerer Massen langsam erstarrt sind, wie die Eukrite mit ophitischer Struktur und der olivinhaltige Stein von Chassigny, erblickt man in der verbreitetsten Gruppe der Meteorsteine, den Chondriten, mehr oder weniger nachträglich veränderte Bildungen der Oberfläche. Glassubstanz findet sich neben dem kristallinen Material wohl nicht allzu selten, aber stets nur in spärlicher Verteilung. So sind die Chondren selbst meist von einem Netz kristallographisch orientierter Glaseinschlüsse durchzogen. Tschermak deutete die Chondren als kristallinisch erstarrte Tropfen des bei der Eruption zerspratzten Magmas. Berwerth und Wahl sind der Ansicht, daß bei der Bildung der Chondrite die ursprüngliche Breccienstruktur von Tuffen durch eine Pyrometamorphose, verbunden mit teilweiser Aufschmelzung oder nur Umkristallisation, verwischt worden ist. Wahl und Merrill halten dabei die Chondren für ehemalige Glaslapilli, welche durch rasche Erstarrung kristallisiert sind, Berwerth dagegen für Kristallisationsprodukte an Ort und Stelle, erzeugt durch rasche Abkühlung. Weinschenk vertrat die Ansicht, daß die Chondren Erstarrungsprodukte aus einem Schmelzflusse seien, und wies darauf hin, daß sie manchmal eine glasige Basis mit kristallischen Entglasungsprodukten enthalten. Klein verglich sie mit den Sphärolithen in irdischen Obsidianen und Felsitporphyren. Rinne erhielt chondrenähnliche Kügelchen mit radialfaseriger Struktur beim Zersprätzen von Olivin- und Hypersthenschmelzen im elektrischen Strom.

Trotz der reichen Literatur, aus der hier einige wenige Daten gegeben wurden, ist die Frage noch nicht gelöst. Manches scheint der sonst einleuchtenden Deutung der Chondren als Magmatröpfchen zu widersprechen. Man kennt bisher Ähnliches nicht aus irdischen Tuffen. Dabei bleibt die große Zahl der Chondrite unter den Meteorsteinen recht verwunderlich; sie müßten einem Himmelskörper entstammen, dessen äußere Hülle zum weitaus größten Teil aus zerstäubten und wieder-verkitteten Explosionsprodukten bestünde. Sehr vereinzelt fand man auch Chondren, die nicht tuffartigen Charakter, sondern reine Erstarrungsstrukturen aufweisen. Borgström beschrieb sie im eisenführenden Stein von Hvittis, als ver-

wachsen und durch Übergänge verbunden, mit der massig kristallinischen Umgebung<sup>29)</sup> und Berwerth erwähnt ein Bronzchondrum in einem Olivinkorn in dem primär kristallinischen Meteorstein von El Nakhla el Baharia,<sup>30)</sup> das unmöglich als loser Tropfen an die grobkristallinische Masse gelangt sein konnte. Derselbe Forscher beschrieb kleine runde Glaseinschlüsse im Eisen vom Kodaikanal,<sup>31)</sup> in denen wieder dichte chondrenartige, feinfaserig radialstrahlige Bronzitanhäufungen enthalten sind, die volle kugelige Ausbildung aber durch den nahen Rand des Eisens behindert wird. Ein solches Gebilde kann wohl nur durch Sammelkristallisation, respektive Entglasung im bereits erstarrten Glase entstanden sein. In beiden letztgenannten Fällen kann der Umriß der Chondren nicht durch eine frühere Tropfenform bestimmt worden sein.

Dies sei hier erwähnt, um daran zu erinnern, daß glasige Ausbildung den unbestrittenen meteorischen Silikaten auch nicht völlig fremd ist, und daß, wie das durch Rinne u. a. wohl für das Eisen nachgewiesen ist und zum Teil auch für irdische Tiefengesteine angenommen wird, auch in den Steinen eine Sammelkristallisation im starren Zustande, hier wohl aus dem ersten amorphen Erstarrungsprodukt, nicht undenkbar ist. Die basischen Silikate und kalkreichen Silikate der Meteorsteine werden, nach den Erfahrungen der Glastechnik, einem solchen molekularen Umsatze gewiß viel leichter verfallen als die schwer schmelzbaren Tektite. Die silikat- und tonerreicheren Gläser der Tektite setzen der Entglasung gewiß den größten Widerstand entgegen.

Die große chemische Verschiedenheit von allen unzweifelhaften meteorischen Körpern ist für viele Forscher ein Hauptgrund, um die kosmische Herkunft der Tektite abzulehnen. In einer hochinteressanten Studie hat Wahl ausführlich gezeigt,<sup>32)</sup> daß die Unterschiede der Mineralkombination

---

<sup>29)</sup> Borgström. Die Meteoriten von Hvittis und Marjalahti. Bull. Comm. géolog. Finlande, Helsingfors. Bd. 14.

<sup>30)</sup> F. Berwerth. Nakhlit, eine neue Art eines kristallinisch-körnigen Meteorsteines. Tschermaks Min.-petr. Mittl. 1912. Bd. 30.

<sup>31)</sup> F. Berwerth. Das Meteoreisen vom Kodaikanal und seine Silikat-ausscheidungen. Tschermaks Min. Mittl. 1906, Bd. 125, S. 179.

<sup>32)</sup> W. A. Wahl. Beiträge zur Chemie der Meteoriten. Zeitschr. für anorganische Chemie. 1910, Bd. 69, S. 52.

der Meteoriten und der irdischen Gesteine durch den geringen Sauerstoffgehalt, resp. geringeren Oxydationsgrad der ersteren bedingt sind.

Die Metalle mit geringer Bildungswärme, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, werden bei ungenügender Sauerstoffmenge von den Leichtmetallen, Silizium und Tonerde reduziert, sie treten deshalb zumeist im gediegenen Zustande in den Meteoriten auf. Bei einzelnen Chondriten und anderen Steinen reicht aber die Sauerstoffmenge nicht einmal aus, um sämtliches Calcium zu oxydieren, dessen Oxydationswärme höher ist als die der Alkalimetalle, der Tonerde und des Siliziums. Wahl folgert nun weiter, daß Meteoriten denkbar wären, in denen auch nicht sämtliche Leichtmetalle an Sauerstoff gebunden sind. Solche Steine würden beim Eintritt in die Atmosphäre sofort unter sternschnuppenähnlichen Erscheinungen verbrennen und könnten nie den Erdboden erreichen. Auf dem geringeren Oxydationsgrad der Meteoriten könnte nach Wahl die Tatsache beruhen, daß den alkalireichen Gesteinen, Graniten, Syeniten, Essexiten usw., entsprechende Vertreter unter den Meteoriten nicht bekannt sind.

Ein Vergleich der irdischen und meteorischen Gesteine nach anderen Gesichtspunkten, anschließend an den Weg, den Daubrée gewiesen hat, führt wohl zu einer anderen Beurteilung dieser Erscheinung. Daubrées Schlußfolgerungen, daß das Innere der Erde und anderer Planeten aus schweren und dem Meteoreisen ähnlichen Massen besteht, wurden durch die neueren Forschungen über die Massenverteilung und Elastizitätsverhältnisse im Erdinnern noch bestätigt. Sie werden von einer Hülle magnesium- und eisenreicher Silikatgesteine umgeben sein, vergleichbar den verbreiteten Typen unter den Meteorsteinen. Eine logische Folge führt dazu, die Vertreter der sauren Silikate der äußeren Hülle der glasig erstarrten Schlacke über dem Eisenkern in den Tektiten zu erblicken.

Es sind völlig oxydierte Silikatschmelzen, wie die Hochofenschlacken über dem reduzierten metallischen Eisen und wie die irdischen Ergußgesteine. Wir können aber mit Bestimmtheit annehmen, daß sich im Erdinnern große Mengen unoxydierter Massen befinden. Schon die Gasexhalationen der Magmen sind mit ihrem Gehalte an Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxydgas nicht an Sauerstoff gesättigt.

Wenn auch manche Forscher, wie Schwantke, annehmen, daß die Abscheidung des gediegenen Eisens von Uifak durch Reduktion beim Durchbruch des Basaltes durch Braunkohlenflöze bewirkt wurde, so beweisen doch andere Vorkommnisse, wie die mikroskopischen Splitter im Basalt von Antrim in Island und auch größere Stücke im Basalt vom Ascherbühel bei Spechthausen und Bühl bei Weimar, daß auch in der Nähe der Erdoberfläche der Sauerstoffmangel in Eruptivgesteinen bis zum Erscheinen gediegenen Eisens geführt hat. Auch Wahl erblickt in den „tellurischen Siderolithen“ von Uifak u. a. O. den Nachweis, daß auch in der Erde unoxydierte Massen auftreten. Mit vollem Rechte nehmen wir an, daß große Teile des Erdinnern aus unoxydierten Metallmassen, vergleichbar dem meteorischen Eisen bestehen.

Wahl hat in demselben Aufsätze gezeigt, wie durch den Mangel an Sauerstoff gegenüber den Metallen in den Meteoriten sehr merkwürdige Mineralkombinationen zustande kommen. Er zeigte unter anderem, daß Quarz mit gediegenem Eisen auftreten kann, wenn nicht genügend Eisenoxyd oder -oxydul vorhanden ist, um die ganze Kieselsäure in Eisensilikat zu binden.

Alle Meteoriten sind vollkommen wasserfrei; es fehlen ihnen alle hydroxylhaltigen Mineralien. Nach all diesen Erwägungen würde demnach die meteorische Herkunft extrem saurer, wasserfreier Gläser, wie sie in den Tektiten vorliegen, nicht unvereinbar sein mit den bisherigen Erfahrungen über die chemische Natur dieser Körper. Ja wenn man Daubrée's Parallele mit den irdischen Gesteinen weiterführt, muß man, wie ich bereits bei früherer Gelegenheit gesagt habe (S. 23), als Vertreter der sauren Gesteine unter den Meteoriten, als die eigentlichen Schlacken zum Eisenkern, als die Trümmer der obersten, leichtesten und am schnellsten erstarrten Hülle eines Himmelskörpers saure, wasserfreie Gläser erwarten. Die Tektite erfüllen diese Erwartung,

In chemischen Einzelheiten weichen sie ab von den irdischen, sauren Magmen. In dem höheren Gehalt an Magnesia und Eisen gegenüber den Alkalien kann ein meteorischer Charakter erblickt werden (S. 95). An den bei Wahl zitierten Analysen von Diabasen und Eukriten von nahezu gleicher Azidität sieht man, daß die letzteren reicher an Magnesia und

Eisen und bedeutend ärmer an Alkalien sind als die ersteren. Eine Durchsicht der Analysen von Meteorsteinen bei Berwerth (Fortschritte der Meteorenkunde seit 1900,<sup>33)</sup> und der Analysen basischer Gesteine in Osann's<sup>34)</sup> Tabellen zeigt, daß ein analoger Gegensatz der Stoffverteilung in kosmischen und irdischen Magmen ganz allgemein verbreitet ist.

Es sei gestattet, hier noch eine bereits geäußerte Erwägung zu wiederholen, welche die Größe der Haupttektit-schwärme verständlich machen kann. Die Zahl der Stücke von Pultusk in Polen 1868 wird auf 100.000<sup>35)</sup> geschätzt und beiläufig ebenso hoch die Menge der Stücke von Mocs in Siebenbürgen (1882); bei Aztec in Arizona (19. Juli 1912) zählte man mehr als 14.000 Steine und kleine Steinchen.<sup>35)</sup> Die erstgenannten sind, wie ich glaube die reichsten, bisher beobachteten Schwärme. Die Steine von Pultusk waren über eine Fläche von 17 km. die von Mocs in Siebenbürgen über 27 km, die von Aztec auf eine Ellipse von nur ca. 1½ Meilen Breite und 3 Meilen Länge verstreut. Wie weit bleiben diese Ereignisse zurück hinter den großartigen Katastrophen, welche wir für die drei Haupttektitfälle annehmen müssen; die Moldavite liegen zwischen Budweis und Trebitsch auf 150 km Entfernung verstreut, vielleicht aber erstreckte sich die Streufläche bis Graz in Steiermark (s. S. 57). Die äußersten Entfernungen der Billitonitfundorte betragen über 1500 km; und weit großartiger war der Hagel von glühenden Glastropfen, der sich eines Tages über den ganzen Süden des australischen Kontinents ergossen hat. Es scheint sonderbar, daß gerade die weitaus großartigsten Meteoritenfälle Material geliefert haben sollten, das sich bei unmittelbar beglaubigten Fällen bisher noch niemals gezeigt hat. Wenn tatsächlich im Laufe der geologischen Vergangenheit Meteoritenfälle eingetreten sind, von denen unsere kurze Erfahrung uns nur sehr verkleinerte Proben geliefert hat, so werden wir von denselben nur Kunde haben können, wenn das gelieferte Material instande war, lange Zeit-

---

<sup>33)</sup> Fortschritte der Mineralogie etc. Herausg. v. G. Linck, 1912. Bd. 2, S. 242.

<sup>34)</sup> Beiträge zur chemischen Petrographie. II. Teil, Stuttgart 1905.

<sup>35)</sup> Warren M. Foote. Preliminary Note on the Shower of Meteoric stones near Holbrook, Navajo County, Arizona etc. Am. Journ. of Soc. 1912, Vol. 34, S. 437.

räume zu überdauern. Steinmeteoriten und meteorisches Eisen vergangener Epochen sind sicherlich längst durch Verwitterung und Oxydation aufgezehrt worden. Die Gläser aber konnten, wie die Moldavitfunde zeigen, seit der jüngeren Tertiärzeit unzerstört bleiben. Nur dieser eine Typus von meteorischen Riesenschwärmen konnte uns aus entlegener Vergangenheit erhalten bleiben. Daß ähnliche weite Ausstreuungen auch bei meteorischem Eisen vorkommen können, scheinen die vereinzeltten Funde von olivinführendem Eisen von Brenham, Sacramento, Albuquerque, Glorietta, Canon City und Port Orford zu zeigen, auf die ich mit Berufung auf Brezina<sup>36)</sup> bereits einmal hingewiesen habe. Die einzelnen Fundpunkte liegen auf einer nahezu geraden Linie, die sich in nordwestlicher Richtung quer durch Mexiko, vom pazifischen Ozean fast bis zum Karäibischen Meer, erstreckt. Die Entfernung zwischen Port Orford und Brenham beträgt nahezu 2800 km.

Gegenwärtig fallen meteorische Gläser sicherlich weit seltener als Steine und Eisen. Um so eher kann man nach Analogie mit den Tektitschwärmen vermuten, daß auch die genannten beiden Meteoritengruppen in der geologischen Vergangenheit Schwärme von kontinentalen Dimensionen geliefert haben; doch fehlt uns hierüber aus leicht verständlichen Gründen jede Nachricht.

---

<sup>36)</sup> Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1898, S. 62.

---

## Erklärung zu den Tafeln.

### Tafel I. Australit.

Fig. 1a—c. Knopfförmiger Australit. Mayor Island. Coast. N. Island, New Zealand.<sup>1)</sup> Die Unterseite Fig. 1a und Fig. 1b zeigt den spiralen Verlauf der sogenannten Stauwellen. (Siehe Seite 79.) (Naturhist. Hofmuseum, Wien.)

Fig. 2a—c. Glockenschwengelförmiger Australit. Victoria, N. S. Wales. Die Unterseite (Fig. 2a) zeigt die etwas geneigte Lage der Mittelkante und die leichten Abflachungen rechts oben und links unten. (Siehe Seite 78.) (Naturhist. Hofmuseum.)

Fig. 3a u. b ist reproduziert aus E. J. Dunn. Anstralites. Tafel 12 und Tafel 15, Fig. 1. — Es ist ein vergrößerter Durchschnitt durch Kern und Randwulst eines Anstraliten. Fig. 3a etwa dreimal, Fig. 3b etwa sechsmal vergrößert. Man sieht, wie das Glas in einem dünnen Faden von der Unterseite zum Rückstauwulst zurückgeflossen und dort mit verworrener Fluidalstruktur erstarrt ist. Der Randwulst ist wegen der Oxydation des Eisens etwas dunkler gefärbt. (Siehe Seite 79).

### Tafel II. Queenstownite.

Siehe Beschreibung Seite 102.

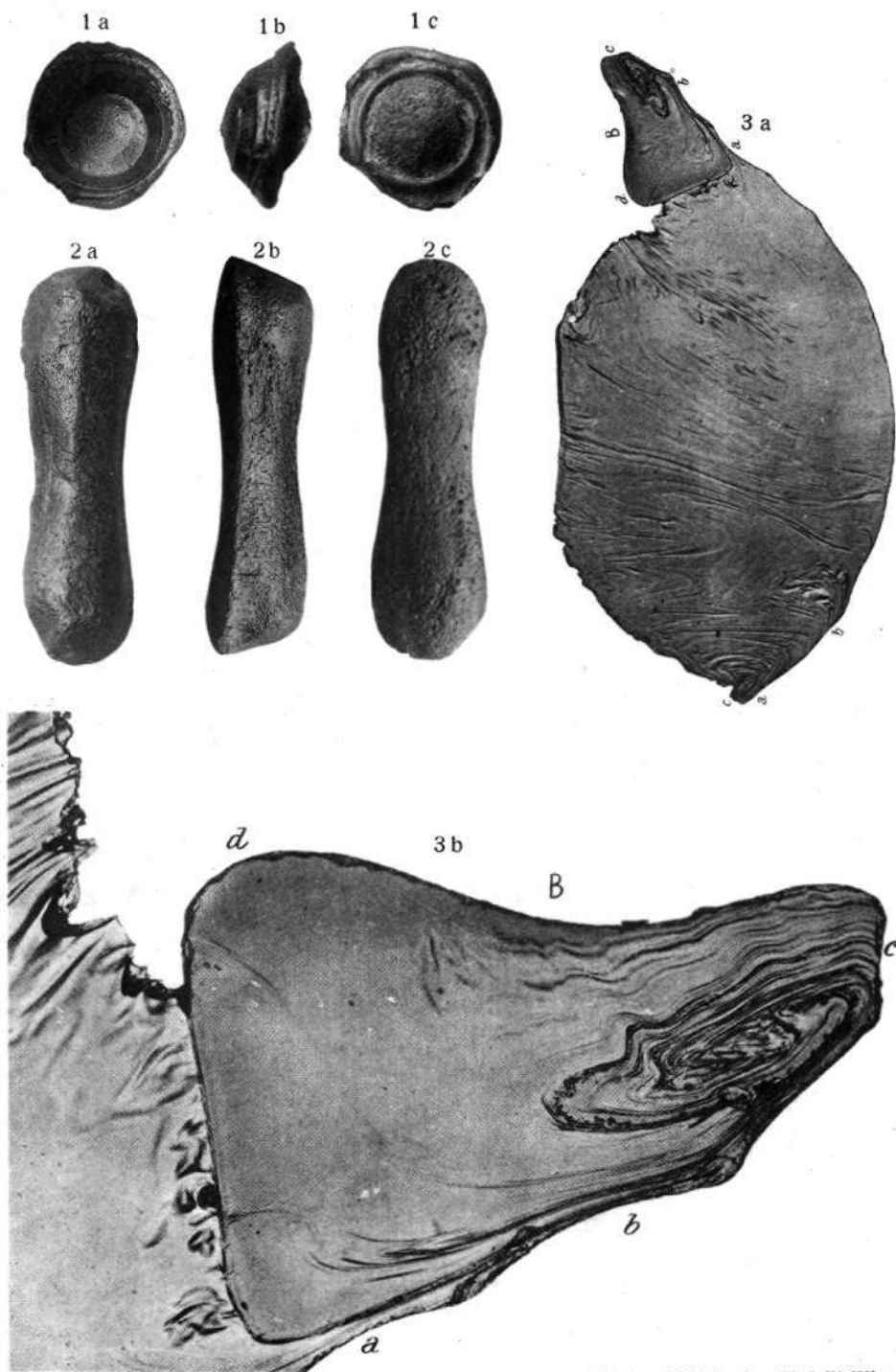
### Tafel III.

Darstellung der Molekularverhältnisse der verschiedenen Tektitgruppen. Auf der Horizontalen sind die Zahlen der  $\text{SiO}_2$ -Moleküle, in vertikalen Abständen die Zahlen der Moleküle Basen und  $\text{TiO}_2$  in der Gesteinseinheit für jede Analyse aufgetragen. (Näheres siehe Seite 97.)

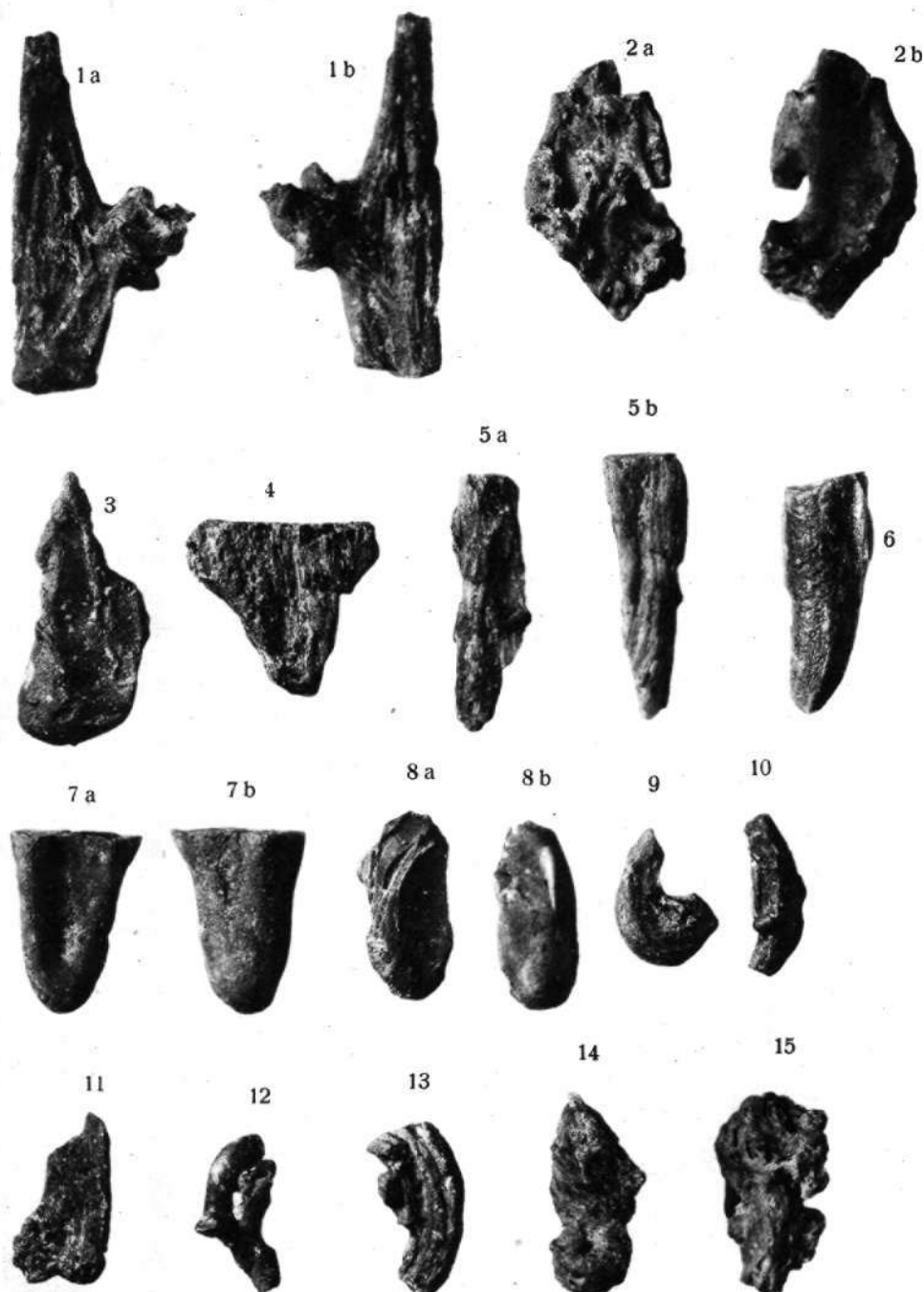
---

Über den Fundort siehe die Anmerkung auf Seite 59.





Phot. u. Lichtdruck v. M. Jaffé, Wien.



Phot. u. Lichtdruck v. M. Jaffé, Wien.

