

Über die von Prof. E. Weinschenk als Tektite gedeuteten Glaskugeln.

Von

Prof. A. Rzehak.

Mit 2 Figuren.

Sonderabdruck aus der Zeitschrift des mähr. Landesmuseums, XII. Band, 1. Heft.

Brünn 1912.

Druck von Rudolf M. Rohrer.

Über die von Professor E. Weinschenk als Tektite gedeuteten Glaskugeln.

Von Professor A. Rzehak.

(Mit 2 Textfiguren.)

Durch die eingehende Studie über „Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser“, welche F. E. Suess im Jahre 1900 (im Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., 50. Bd., S. 193—382) veröffentlicht hat, schien die rätselhafte Moldavitfrage zu einem gewissen Abschluß gelangt zu sein, wenn auch die Hypothese vom kosmischen Ursprung der eigentümlichen, durch ihr Vorkommen, ihre Oberflächenskulptur und ihre chemische Zusammensetzung höchst auffallenden Gläser, die F. E. Suess unter der Bezeichnung „Tektite“ zusammengefaßt hat, noch keineswegs allgemeine Anerkennung gefunden hat.

Schon F. E. Suess hat unter den „Glasmeteoriten“ drei Gruppen unterschieden: die auf Böhmen und Mähren beschränkten „Moldavite“, die im Sundaarchipel aufgefundenen „Billitonite“ und die aus Australien und Tasmanien stammenden „Australite“. Hierbei ist bemerkenswert, daß nach F. E. Suess (loc. cit. S. 317) zwischen den böhmischen und den mährischen Moldaviten größere Abweichungen bestehen als zwischen den letzteren und den Billitoniten. Die Australite zeigen Formen- und Skulpturenverhältnisse, wie sie weder bei Moldaviten noch bei Billitoniten vorkommen, jedoch nach F. E. Suess durch die Annahme einer intensiveren Durchschmelzung leicht zu erklären sind. Die immerhin nicht unbeträchtlichen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung und der Oberflächenbeschaffenheit der Tektite sind gewiß nicht geeignet, die Frage nach dem Ursprung der letzteren zu vereinfachen.

Nun erfährt diese Frage noch eine weitere Komplikation dadurch, daß Prof. E. Weinschenk in München verschiedene, teils aus Böhmen, teils aus Mähren stammende kleine Glaskugeln ebenfalls für Tektite erklärt, trotzdem sie, wie er selbst in seiner Schrift: „Die kosmische Natur der Moldavite und verwandten Gläser“ (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 737 ff.) bemerkt, einige hochinteressante Erscheinungen zeigen, die bisher weder an den Moldaviten noch an den verwandten Billitoniten und Australiten beschrieben worden sind. Da ich in der Lage war, die zwei aus Kuttenberg in Böhmen stammenden Glaskugeln untersuchen zu können, und ebenso reichliche Gelegenheit gehabt habe, die Veränderungen, welche künstliche Gläser durch jahrhundertlanges Liegen in der Erde erleiden, zu studieren, so habe ich mich sogleich gegen die Deutungen Prof. Weinschinks ausgesprochen („Die angeblichen Glasmeteoriten von Kuttenberg“; Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 452 ff.). Fast zu gleicher Zeit hat auch Prof. F. E. Suess in seinen „Notizen über Tektite“ (Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 462 ff.) die Ansicht Weinschinks, die Kuttenberger Glaskugeln wären ein neuer Typus von Moldaviten, zu widerlegen gesucht. In einer kurzen Entgegnung („Zum Streit über die Echtheit der Moldavite“; Zentralbl. f. Miner. usw. 1909, S. 545 ff.) wendet sich Prof. Weinschenk gegen die Suess'schen Ausführungen, läßt aber merkwürdigerweise die von mir geltend gemachten, schwerwiegenden Argumente unberücksichtigt. In einer neuerlichen Publikation (Weinschenk und Steinmetz, Weitere Mitteilungen über den neuen Typus der Moldavite; Zentralbl. f. Miner. usw., 1910, S. 231 ff.) geht der genannte Forscher — dessen vielfache Verdienste um die Wissenschaft ich mit meinen Ausführungen in keiner Weise schmälern will — noch etwas weiter, indem er nicht nur an dem kosmischen Ursprung der Kuttenberger Glaskugeln festhält, sondern auch noch für einige andere Vorkommnisse den Meteoritencharakter wahrscheinlich zu machen sucht.

Da die Kuttenberger Kugeln ursprünglich von Prof. Dr. J. Jahn für das mährische Landesmuseum erworben wurden¹⁾, und auch die bei Ober-Kaunitz in Mähren gefundenen Glaskugeln, auf welche sich ein Teil der neuen Untersuchungen Weinschinks

¹⁾ Sie wurden dann später, nachdem sie von allen Moldavitkennern, Prof. Dr. F. E. Suess mit inbegriffen, für künstliche Gläser erklärt worden waren, gegen eine Suite geologischer und paläontologischer Objekte eingetauscht.

bezieht, den Sammlungen des genannten Museums angehören, so will ich für die Leser dieser Zeitschrift eine zusammenhängende Darstellung der Angelegenheit geben, ohne mich jedoch darauf einzulassen, die ganze Moldavitfrage neuerdings aufzurollen. Ich sehe mich zu den nachstehenden Ausführungen durch das lebhaftere Interesse, welches diese Angelegenheit im Schoße der Mährischen Museumsgesellschaft gefunden hat, so wie durch die wiederholten Anfragen, die an mich über diesen Gegenstand gestellt wurden, veranlaßt.

Die Kuttenberger Glaskugeln wurden von dem seither verstorbenen Straßenmeister Ph. Huda an einer Stelle gefunden, wo früher „zerfallener und verwitterter Serpentin mit Kalksteinen“ deponiert gewesen sein soll. Diese Angabe stammt von Huda selbst und wird von Prof. E. Weinschenk in seiner ersten Mitteilung wiedergegeben mit der Bemerkung, daß der Fundort (nämlich Kuttenberg) als zweifelhaft zu bezeichnen sei, weil er „weit außerhalb der Zone der Moldavitvorkommen“ gelegen ist. Es dürfte nicht ohne Absicht geschehen sein, daß Huda in seiner Beschreibung der Fundverhältnisse auf die Nähe eines Serpentinfelsens hingewiesen hat, da es ihm wohl bekannt gewesen sein mag, daß man Moldavite auch in den „Pyropensanden“ des böhmischen Mittelgebirges gefunden hat und daß seinerzeit R. Helmhacker (Mineral. Beobachtungen aus dem Böhmerwald; Tschermaks Mineral. Mitt. 1873, S. 281 ff.) den Serpentin in eine genetische Beziehung zu den Moldaviten bringen wollte. Die Unhaltbarkeit der Helmhackerschen Anschauungen war für jeden Petrographen von vornherein klar, sie wurde aber auch durch J. Bareš (Časopis pro průmysl chemický 1899, Nr. 4) experimentell dargetan. Was das Vorkommen der Moldavite in den nordböhmischen Pyropensanden anbelangt, so muß dasselbe nach den Ausführungen Jahns¹⁾ wohl als zweifellos bezeichnet werden. Ich habe schon im Jahre 1898 (in meiner Mitteilung: „Über die Herkunft der Moldavite“, Verh. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, S. 417) darauf hingewiesen, daß die drei Moldavitfundgebiete — das nordböhmische, das südböhmische und das westmährische — keinen Zusammenhang miteinander besitzen und daß dieser

¹⁾ Nähere Mitteilungen hierüber finden sich in der Schrift: „Über das Vorkommen der Moldavite in den nordböhmischen Pyropensanden“, Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1899, S. 81 ff.

Umstand der Hypothese vom kosmischen Ursprung der Moldavite keineswegs günstig ist. F. E. Suess ist übrigens geneigt, anzunehmen, daß die wenigen, in den Pyropensanden von Trebnitz aufgefundenen Moldavite „auf irgend eine Weise verschleppt worden sind“; eine Verschleppung durch Menschenhand erscheint mir jedoch sehr unwahrscheinlich und ein Transport durch Wasser ist geradezu ausgeschlossen durch den tadellosen Erhaltungszustand einzelner Stücke. Bei den Kuttenberger Glaskugeln — mögen sie nun kosmischen oder terrestrischen Ursprungs sein — hat eine Verschleppung, und zwar eine Verschleppung durch Menschenhand, meiner Ansicht nach gewiß stattgefunden, denn die Angaben Hudas beweisen deutlich, daß sie in einer rezenten Schutt- ablagerung eingebettet waren. Obwohl die Annahme einer Verschleppung auch in diesem Falle — ähnlich wie bei den Trebnitzer Vorkommnissen — die Schwierigkeiten, welche die Verbreitung der Moldavite der Lehre von ihrer kosmischen Herkunft bereitet, einigermaßen zu beseitigen vermag, scheint Prof. Weinschenk doch geneigt zu sein, den Fundort der Glaskugeln auch für diejenige Stelle zu halten, an welcher dieselben aus dem Weltraume niedergefallen sind. Eine Verschleppung ist seiner Ansicht nach „nicht recht“ wahrscheinlich, und zwar aus zwei Gründen, die ich jedoch keineswegs als triftig bezeichnen kann. Er meint nämlich zunächst, daß die beiden Kugeln von so „ausgesprochen edelsteinartiger Erscheinung“ sind, daß sie wohl niemand achtlos beiseite werfen wird, und weiter, daß eines der Stücke eine so empfindliche Oberflächenbeschaffenheit besitzt, daß es „nur in recht vorsichtiger Verpackung hätte transportiert werden können“.

Was nun die erste Bemerkung anbelangt, so kann ich nur sagen, daß sich die Kuttenberger Glaskugeln äußerlich durch nichts von gewöhnlichen Glaskugeln, wie sie die Kinder als keineswegs kostbares Spielzeug benutzen, unterscheiden. Bei einem der Stücke findet sich allerdings jene spröde Rindenschichte, die man zwar niemals an Glasgegenständen, die benutzt werden, hingegen an alten Gläsern, die lange Zeit in der Erde gelegen sind, gar nicht selten beobachten kann. Diese Rindenschichte, welcher Prof. Weinschenk in seiner ersten Mitteilung (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 739) eine ganz unverdiente Bedeutung beilegt, haftet ursprünglich ziemlich fest an der unveränderten Glassubstanz, lockert sich aber nach und nach durch mechanische Einflüsse, wie

z. B. die Abrollung, so stark, daß sie dann leicht abspringt, wie dies eben bei den Kuttenberger Glaskugeln der Fall ist; die eine derselben scheint die Zersetzungsrinde — denn daß es sich um eine solche handelt, ist ganz zweifellos — schon gänzlich eingebüßt zu haben, während dieselbe bei der andern wenigstens zum Teil noch erhalten ist. Auf die Entstehung dieser Rinde werde ich weiter unten noch eingehend zurückkommen.

Nimmt man mit Prof. Weinschenk Kuttenberg als eine neue Moldavitfundstätte an, so kompliziert sich die ohnehin genug komplizierte Moldavitfrage noch mehr, denn wir haben dann vier beziehungsweise — wenn wir die isolierten Vorkommnisse von Neuhaus in Böhmen als ein selbständiges Gebiet betrachten — fünf¹⁾ Moldavitfundgebiete, die voneinander durch weite Strecken (meist über 100 km!) getrennt sind, auf welchen sich noch nie eine Spur von Moldaviten gefunden hat. Dabei ist noch besonders bemerkenswert, daß die Kuttenberger Kugeln nach Weinschenk eine neue Gruppe oder gar — wie Prof. Weinschenk mit Rücksicht auf die Verschiedenheiten der beiden Kugeln gemeint hat („Zum Streit über die Echtheit der Moldavite“, loc. cit. S. 549) — zwei neue Gruppen von Moldaviten repräsentieren, d. h. mit anderen Worten: einem selbständigen Fall, vielleicht sogar zwei solchen Fällen, von Glasmeteoriten angehören, die mit dem südböhmisch-westmährischen „Kettenfall“ zeitlich nicht zusammenfallen. Es wird nun unter diesen Umständen wohl jeder Unbefangene gewiß zugeben, daß es im höchsten Grade unwahrscheinlich ist, daß gerade Böhmen auf die Glasmeteoriten eine solche Anziehungskraft ausgeübt hat, daß sie hier zweimal oder dreimal zu verschiedenen Zeiten, niedergefallen sind. Entweder fielen die Kuttenberger Kugeln zufällig mitten in das Verbreitungsgebiet der übrigen böhmisch-mährischen Moldavite, oder diese letzteren wurden, sofern sie jünger sind als die Kuttenberger, in einem nicht ganz geschlossenen Kreise um diese herum gestreut. Wenn man auf der Landkarte mit dem Radius Kuttenberg—Budweis einen Kreis beschreibt, so fallen tatsächlich alle bekannten Moldavitfundstätten in diesen Kreis. Wohl niemand wird hier einen besonderen Zufall gelten lassen wollen, so daß also schon allein durch die geographische Situation des „Fall-

¹⁾ Den Fundort „Eggenburg in Niederösterreich“ ziehe ich, als nicht vollkommen sichergestellt, gar nicht in Betracht.

ortes“ — wenn man mit Weinschenk eine Verschleppung für „nicht recht wahrscheinlich“ hält — die kosmische Herkunft der Kuttenberger Glaskugeln im höchsten Grade zweifelhaft ist.

Auch Prof. Weinschenk hat eingesehen (Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 550), daß „ein gewisses Maß von Unwahrscheinlichkeit vorhanden ist, daß von so seltenen Vorkommnissen zwei verschiedene Arten in so großer Nähe voneinander niedergefallen sein sollen“. Er hat jedoch gleichzeitig auf einen analogen Fund unter den Billitoniten, nämlich auf „zwei Glasstücke“ hingewiesen, „welche mit den Kuttenberger Kugeln wenigstens äußerlich große Ähnlichkeit zu haben scheinen und von dem normalen Typus (der Billitonite) weit abweichen“. Er meint offenbar die beiden auf dem Berge Muhria (Java) gefundenen und im Museum zu Amsterdam aufbewahrten Glaskugeln, von denen jedoch bloß eine von den normalen Billitoniten stark abweicht. Die Fundverhältnisse sind keineswegs vollständig sichergestellt und trotzdem die Fundstätte ein quartärer oder gar pliozäner Tuff sein soll, hat F. E. Suess doch (Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst., 1899, S. 390) die Vermutung ausgesprochen, daß diese Glaskugel vom Vulkan Muhria „möglicherweise ein Kunstprodukt“ sein könnte. Nach Prof. Weinschenk scheint auch unter den Australiten eine analoge Erscheinung vorzuliegen, indem unter überwiegenden Gläsern mit dem spezifischen Gewicht von „zirka 2·4“ (nach der von F. E. Suess mitgeteilten Tabelle schwankt das spezifische Gewicht der Australite von 2·419 bis 2·470; vgl.: „Die Herkunft der Moldavite usw.“, Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1910, 50. Bd., S. 244) ein solches mit dem spezifischen Gewicht von 3·78 gefunden worden sein soll. Diese letztere Angabe Weinschencs ist jedoch auf einen Flüchtigkeitsfehler zurückzuführen, da aus der Suess'schen Tabelle ganz deutlich hervorgeht, daß es sich hier gar nicht um einen Australit, sondern um eine „olivinführende Bombe“ von Broken Hill handelt!

Dagegen geben Ježek und Woldřich in ihrer, erst nach der Weinschenk'schen (zweiten) Mitteilung, veröffentlichten Schrift „Beitrag zur Lösung der Tektitfrage“ (Bull. internat. de l'Acad. des Sciences de Bohême, 1910, S. 11 des Sonderabdruckes) die Dichte eines von ihnen untersuchten Australiten mit 2·386 an. Eine größere Bedeutung käme dieser Differenz wohl nur dann zu, wenn sich das betreffende Stück auch in anderen Eigenschaften

von den normalen Australiten unterscheidet. In seiner neuesten Publikation (S. 240) weicht Prof. Weinschenk, um die Schwierigkeiten, welche die Verteilung der Fundorte der Tektite bietet, zu umgehen, von seiner ursprünglichen Ansicht ab, indem er meint, daß für die Bewertung eines solchen Glaskörpers die zufällige Fundstelle „natürlich auszuscheiden“ habe; er scheint also nunmehr anzunehmen, daß in den meisten Fällen eine Verschleppung stattgefunden hat.

Bei Moldaviten ganz ungewöhnlich und daher sehr verdächtig ist die Kugelform und ebenso die fast genau gleiche Größe (nahezu 10 *mm* im Durchmesser) der Kuttenberger Glasstücke. Bei einer weitgehenden Erweichung der Glassubstanz auf ihrem Wege durch die Atmosphäre konnte sich allerdings leicht die Kugelform ergeben, es ist dann aber um so unwahrscheinlicher, daß sich diese Kugelform auch noch nach dem immerhin mit einer großen Gewalt erfolgenden Aufschlagen auf die Erde vollkommen erhalten hat. Die Australite besitzen wohl häufig Kugelform, diese tragen aber auch den charakteristischen Randwulst, der beim Auffallen des weichen Glaskörpers auf die Erdoberfläche entstanden ist und sich in ähnlicher Weise auch bei bleiernen Gewehrkugeln, die gegen die Erde abgeschossen werden, bildet. Prof. Weinschenk hat allerdings auch an einer der beiden Kuttenberger Kugeln beobachtet, „daß der Äquator des Gebildes unter der Lupe als winziger erhöhter Glaswulst deutlich hervortritt und daß parallel zu ihm verlaufende Breitengrade in ähnlicher Ausbildung und größerer Anzahl rings um den Stein verfolgt werden können“ (vgl. Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 739). Meines Erachtens läßt sich diese nur unter der Lupe erkennbare Eigentümlichkeit durchaus nicht mit der Wulstbildung der Australite vergleichen und als Argument zugunsten des kosmischen Ursprungs der Kuttenberger Glaskugeln geltend machen, sie ist ohne Zweifel auf die Fabrikation dieser Kugeln zurückzuführen.

Bezüglich der Farbe der Kuttenberger Kugeln hat schon F. E. Suess (Zentralbl. f. Miner. usw., S. 465) bemerkt, daß er keinen der beiden Farbentöne — die eine der Kugeln ist nämlich mehr bläulichgrün, die andere mehr gelblichgrün gefärbt — jemals an Moldaviten beobachtet habe. Ich lege in diesem Falle auf die Färbung keinen allzugroßen Wert, kann aber ebenfalls konstatieren, daß unter den Hunderten von Moldaviten, die ich gesehen habe,

kein einziger ähnliche Farbentöne aufweist, wie wir sie an den Kuttenberger Glaskugeln sehen. Übrigens läßt die ziemlich beträchtliche Differenz in der Färbung der beiden zusammen aufgefundenen Glaskugeln die gemeinsame Abstammung recht zweifelhaft erscheinen.

Die „edelsteinartige Erscheinung“, die Prof. Weinschenk (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 738) an den Kuttenberger Glaskugeln hervorhebt, ist zum Teil auf die Farbe, zum Teil aber auf das Brechungsvermögen der Glassubstanz zurückzuführen. Der Brechungsexponent wurde von Prof. Becke bei der blaugrünen Kugel mit 1·544, bei der gelbgrünen mit 1·556 bestimmt, während der bei Moldaviten beobachtete Brechungsexponent nach Schwantke (Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 26) für die einzelnen Farben des Spektrums zwischen 1·475 (rot) bis 1·514 (blau-violett), nach Ježek-Woldřich (loc. cit. S. 11 des Sonderabdruckes) zwischen 1·4764 (Moldavit von Radomilitz in Böhmen, für die Lithiumflamme) und 1·4952 (Moldavit von Krochoty in Mähren, für die Thalliumflamme) schwankt, also immer erheblich niedriger ist als der Brechungsexponent der künstlichen Gläser. Die Kuttenberger Kugeln schließen sich also in dieser Beziehung an die letzteren an und sind schon aus diesem Grunde, wie Prof. Becke (in F. E. Suess, Notizen über Tektite, loc. cit. S. 467) bemerkt, jedenfalls keine Moldavite, sondern „irgend ein Artefakt“.

Unter der Lupe läßt sich erkennen, daß die Kuttenberger Glaskugeln viel zahlreichere Luftbläschen enthalten als die Moldavite; die Fluidalstruktur ist — wie bei den Moldaviten — deutlich wahrzunehmen. Kristallinische Einschlüsse konnte ich nicht feststellen, wohl aber ließen einzelne, räumlich sehr beschränkte Partien der Glasmasse im polarisierten Licht zwischen gekreuzten Nikols ein deutliches Aufleuchten erkennen.

Eine chemische Analyse der Kuttenberger Glaskugeln wurde bisher nicht ausgeführt; es ist jedoch von vornherein mit Sicherheit anzunehmen, daß die chemische Zusammensetzung derselben weit mehr den künstlichen Gläsern als den Moldaviten entspricht. Der lebhaft glänzende Glanz deutet auf einen hohen Kalkgehalt.

Wir haben nun noch die Oberflächenbeschaffenheit der Kuttenberger Glaskugeln zu besprechen. Prof. Weinschenk meint in seiner ersten Abhandlung (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 738 f.), daß die Oberfläche der „chrysolithfarbigen“ Kugel

(es ist dies jene, die ich hier als blaugrün bezeichne) „über und über von kleinen, näpfchenähnlichen Vertiefungen von verschiedener Größe bedeckt“ sei und daß sie in dieser Beziehung „mit der Oberfläche zahlreicher verwandter Bildungen wohl übereinstimmt“. Ich habe schon in meiner ersten Entgegnung (Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 453) behauptet, daß die Oberflächenskulptur der Kuttenberger Glaskugeln mit jener der Moldavite „so gut wie gar keine Ähnlichkeit“ aufweist und daß sie einfach darauf zurückzuführen ist, daß die durch Zersetzung des Glases entstandene Rindenschicht längs den zahlreichen, feinen Rissen, welche sie durchsetzen und von der unveränderten Glasmasse trennen, sich abgelöst hat, wobei erhöhte, mehr oder weniger polygonal bis rundlich begrenzte Teilchen der letzteren an der Rinde hängen blieben, genau so, wie ich es an unzweifelhaft künstlichen Gläsern wiederholt beobachtet habe. Auch F. E. Suess bestreitet („Notizen über Tektite“; Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 466) die Ähnlichkeit der Oberflächenskulptur der Kuttenberger Glaskugeln mit der Skulptur der Moldavite.

Der Verlauf der erwähnten Risse erinnerte mich lebhaft an das sogenannte „Craquelée-Glas“. Durch das Ausbrechen einzelner, von den Craquelée-Rissen begrenzter Partien der unveränderten Glasmasse entstehen an der Oberfläche jene kleinen Vertiefungen, die Prof. Weinschenk mit den „Näpfchen“ der Moldavite verglichen hat. In Wirklichkeit haben sie jedoch mit den Näpfchen nur eine sehr geringe Ähnlichkeit, schon infolge des Umstandes, daß ihre Form durch den Verlauf der einzelnen, zusammenstoßenden, zumeist nur schwach bogenförmig gekrümmten Risse bedingt ist. Niemals treten selbständige, von den übrigen getrennte, rundliche Vertiefungen auf, die Grübchen ziehen sich vielmehr dicht aneinander, nur durch die mehr oder weniger scharfen, den ursprünglichen Rissen entsprechenden Kanten voneinander geschieden.

Diese eigentümliche Skulptur findet sich nur an Gläsern, von deren Oberfläche eine von zahlreichen Kapillarklüften durchzogene Zersetzungsschicht abgelöst wurde, und der von Prof. Weinschenk (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 739) hervorgehobene besondere Glanz ist eben nur darauf zurückzuführen, daß es sich um frische Bruchflächen handelt; aus demselben Grunde erscheint, wie Prof. Weinschenk selbst bemerkt, auch die Unterseite der Rinde

glänzend und zeigt einen vollkommenen Abdruck aller Details der darunter liegenden Glasoberfläche.

Aus dem eben Gesagten ergibt sich von selbst, daß die Grübchen der Kuttenberger Glaskugeln unmöglich als Analoga der Näpfchen hingestellt werden können. Die Näpfchen der Moldavite zeigen, wie überhaupt alle Skulpturformen derselben, die auf „äolische Korrosion“ zurückgeführt werden, niemals den lebhaften Glasglanz frischer Bruchflächen, sondern den charakteristischen, matten „Lackglanz“, der wiederum der Oberfläche der Kuttenberger Glaskugeln gänzlich mangelt. Die Skulptur der Kuttenberger Kugeln ist — um einen von F. Berwerth („Oberflächenstudien an Meteoriten“; Tschermaks Miner. u. petrogr. Mitt., 1910, N. F. XXIX. Bd., S. 160) eingeführten, in unserem Falle durchaus zutreffenden Ausdruck zu gebrauchen — ausgezeichnet „rhegmaglyptisch“, d. h. durch mechanisches Ausbrechen entstanden.

Auf der „aquamarinfarbigen“ Kugel will Prof. Weinschenk „äußerst zarte, manchmal mäandrisch sich verschlingende, aber ziemlich unregelmäßig angeordnete Schmelzrinnen“ beobachtet haben. Ich fand die Oberflächenskulptur dieser Kugel zwar etwas abweichend von der der „chrysolithfarbigen“, aber im Wesen doch mit der letzteren insofern übereinstimmend, als auch hier die Grübchen ohne Zweifel durch Ausbrechen der an der äußerlichen Zersetzungsschichte anhaftenden Glasmasse entstanden sind. Bei beiden Kugeln ist die Skulptur durch einen plötzlich wirkenden, mechanischen Eingriff, nämlich durch die Ablösung der Rinde, entstanden und kann unmöglich durch einen Korrosionsvorgang — weder durch äolische noch durch chemische Korrosion — erklärt werden, da die Oberfläche der korrodierten Glassubstanz niemals den lebhaften „besonderen“ Glanz besitzt, wie ihn die „Ziselierung“ der Kuttenberger Kugeln zeigt. Ganz ausgeschlossen ist die Ansicht Weinschinks, daß diese „Ziselierung“ die normale Oberfläche der vermeintlichen Moldavite darstellt, da ja die Rindenschichte ursprünglich eine glatte, an einzelnen Stellen noch jetzt deutlich glasglänzende Oberfläche besaß. Wäre diese Zersetzungsschichte wirklich, wie Prof. Weinschenk behauptet, eine Schmelzrinde, so hätte ja durch die Bildung dieser Schmelzrinde die ursprüngliche „Ziselierung“ vollständig zerstört werden müssen, da ja die Schmelzrinde doch immer nur durch eine Umschmelzung der oberflächlichen Partien der Glaskugeln

entstehen konnte. War einmal die Glasmasse während ihres supponierten Fluges durch die Atmosphäre an der Oberfläche so weit erweicht, daß sie der äolischen Korrosion zugänglich war, so konnte bei noch stärkerer Erweichung der Glassubstanz entweder eine noch schärfere Ausbildung (etwa wie die hakenförmigen Umbiegungen an dem Glaskörper von Kälna in Schonen) oder aber eine Aufschmelzung, d. h. Vernichtung der ursprünglichen Skulptur eintreten. Wenn sich eine besondere „Schmelzrinde“ hätte bilden können, so müßte diese — wie dies bei wirklichen Meteoriten der Fall ist — sich den Unebenheiten der Skulptur anschmiegen; bei den Kuttenberger Kugeln trifft dies nicht zu, denn bei einer derselben, die noch ansehnliche Teile der Rinde trägt (bei der andern ist die Rindenschicht fast ganz abgebröckelt), läßt sich mit voller Sicherheit erkennen, daß, wie bereits oben bemerkt, die Oberfläche der Rinde ganz glatt und glasglänzend war. Unter einer solchen skulpturlosen „Schmelzrinde“ konnte sich jedoch unmöglich die „normale Oberfläche „mit Näpfchen usw.“ erhalten. Es sei hier übrigens bemerkt, daß einer der hervorragendsten Meteoritenkenner, nämlich Prof. Berwerth in Wien, die eigentümliche Skulptur der Moldavite nicht als einen Beweis ihrer kosmischen Herkunft gelten lassen will (vgl. F. Berwerth: „Oberflächenstudien an Meteoriten“; Tschermaks Miner. petrogr. Mitteil., 1910, N. F. XXIX. Bd., S. 165), dieselbe vielmehr auf irdische Einflüsse zurückzuführen geneigt ist. Wie meinen Hinweis auf die Rindenbildung alter Glasgefäße hat Prof. Weinschenk auch die schwerwiegenden Ausführungen Berwerths vollständig ignoriert!¹⁾

Die Schmelzrinden wirklicher Meteoriten verhalten sich, wie Prof. Weinschenk in seiner ersten Abhandlung (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 741) selbst bemerkt, insofern ganz anders als die angebliche Schmelzrinde der Kuttenberger Glaskugeln, als

¹⁾ In neuester Zeit ist es dem Assistenten am böhmischen Museum in Prag, Dr. B. Ježek, gelungen, auf Obsidiankugeln und oberflächlich angeschliffenen Moldaviten durch Behandlung mit verdünnter Fluorwasserstoffsäure Korrosionserscheinungen hervorzurufen, die lebhaft an die Skulptur der Billitonite, zum Teil auch an gewisse Typen der Moldavitskulptur erinnern (vgl. Dr. B. Ježek: „Dnešní stav otázky vltavinové“; Sep.-Abdr. aus dem 41. Jahressber. des „Přírodověd. klub“ in Prag, 1911). Die künstlich korrodierten Obsidiane und Moldavite besitzen auch den charakteristischen Lackglanz, der den Kuttenberger Glaskugeln, wie bereits früher bemerkt wurde, gänzlich mangelt.

sie sich, wenn sie nicht zu fest an der unveränderten Substanz haften, mit „ziemlich glatter Unterfläche“ ablösen, während die abgebröckelten Rindenpartien der Kuttenger Kugeln auf der Unterseite immer noch etwas von der darunter liegenden unveränderten Glassubstanz mitnehmen.

Es drängt sich aber auch noch die Frage auf, wie so es kommt, daß die bis zur Bildung einer Schmelzrinde erweichte Oberfläche der Glaskugeln gar keine Spuren von äolischer Korrosion erkennen läßt. Prof. Weinschenk hat sich ebenfalls diese sehr wichtige Frage vorgelegt und eine Beantwortung derselben in der Annahme gefunden, daß die „matte, fast ganz gerundete und gar nicht ziselierte Außenfläche der Rindenschicht des Moldavits von Kuttenger“ gar nicht die ursprüngliche Außenfläche der Rinde darstelle, sondern daß die durch „ganz bestimmte Außenformen“ (damit sind jedenfalls die Wirkungen der äolischen Korrosion gemeint) charakterisierte eigentliche Außenschicht „höchstwahrscheinlich später durch Abbröckeln des spliterigen Materials“ diese „Außenformen“ wieder verloren hat.

Mit dieser Annahme werden die Kuttenger „Moldavite“ plötzlich zu so komplizierten Körpern, daß ihre Ähnlichkeit mit den wirklichen Moldaviten noch um ein bedeutendes verringert wird. Wenn wir uns einen Durchschnitt durch eine solche Kugel, wie sie nach Weinschenk unmittelbar nach dem Niederfallen beschaffen war, hergestellt denken, so ergibt sich folgendes Bild:

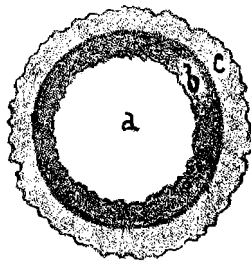


Fig. 1.

Der innere Glaskörper zeigt die grubige („ziselierte“) Oberfläche, welche nach Weinschenk die „normale“ Oberfläche sein soll. Über diese hat sich eine „Schmelzrinde“ (*b*) gebildet, deren Oberfläche stellenweise noch ganz glatt und glasglänzend, an

anderen Stellen infolge der auch von Weinschenk angenommenen „mechanischen Abnutzung“ mehr rau und matt ist. Über diese Schichte soll sich ursprünglich noch eine weitere Außenschichte (*c*) gebreitet haben, welche an der Oberfläche wiederum, wie der innere Glaskörper, die Kennzeichen der äolischen Korrosion getragen hat, die jedoch später „durch Abbröckeln des splinterigen Materials“ wieder gänzlich verloren gegangen sind.

Es ist wohl leicht einzusehen, daß eine derartige Struktur bei wirklichen Tektiten gar nicht entstehen kann. Ich halte schon die Bildung einer eigenen, von der übrigen Glasmasse leicht ablösbaren Schmelzrinde bei den Moldaviten für ganz unmöglich und bin — im Gegensatze zu Prof. Weinschenk — davon überzeugt, daß die wirklichen Moldavite niemals eine solche Rinde, wie sie an den Kuttenger Glaskugeln zu beobachten ist, besessen haben. Nach Prof. Weinschenk ist diese Rinde „zweifelloos ein Umschmelzungsprodukt des Moldavits“; diese „Umschmelzung“ kann jedoch nur vor oder während der Ausbildung des Oberflächenreliefs stattgefunden haben, da durch eine nachherige Umschmelzung die oft sehr scharfkantigen Skulpturformen ohne Zweifel wesentlich modifiziert oder ganz verwischt worden wären; die dünnwandigen Erhöhungen würden selbstverständlich zuerst geschmolzen sein und die geschmolzene Glasmasse hätte die Vertiefungen ausgefüllt, so daß endlich eine glatte Oberfläche, wie wir sie an der Rinde der Kuttenger Kugeln sehen, entstanden wäre. Unter einer auf diese Weise entstehenden Schmelzrinde konnte sich natürlich unmöglich die ursprüngliche Skulptur erhalten; wollte man jedoch annehmen, daß die einzelnen Skulpturdetails jedes für sich eine oberflächliche Umschmelzung erlitten haben, dann bleibt die Bildung der glatten Oberfläche der angeblichen „Schmelzrinde“ unerklärt, ganz abgesehen davon, daß sich durch eine oberflächliche Umschmelzung einer Glasmasse niemals eine leicht ablösbare Rinde bilden wird. Wäre dies der Fall, so müßten Reste einer solchen bei den Moldaviten sehr häufig zu sehen sein, da sie aus den tiefen Kerben und Einschnitten unmöglich vollständig herausfallen konnte. In Wirklichkeit kennt man jedoch, wie bereits oben bemerkt, solche Rinden an den Moldaviten nicht, denn die „sehr dünne Schmelzrinde“, auf welche nach F. E. Suess („Über den kosmischen Ursprung der Moldavite“; Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst., 1908, S. 392) wahrschein-

lich der lebhaft Lackglanz der Moldavite zurückzuführen ist, läßt sich, wenn sie überhaupt existiert, durchaus nicht mit der verhältnismäßig dicken, spröden, leicht ablösbaren Rinde der Kuttenberger Kugeln vergleichen. Auch die Oberfläche des von Fr. Eichstädt und später auch F. E. Suess („Notizen über Tektite“; Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 462 ff.) und W. Wahl („Beiträge zur Kenntnis des Tektiten von Kälna in Skåne“; Geolog. For. i. Stockholm Förh. 1909, XXXI. Bd., S. 471—478) beschriebenen, von Kälna in Schweden stammenden, moldavitähnlichen Glaskörpers, die nach F. E. Suess ein feines Netzwerk wirt durcheinanderlaufender Schmelziältdchen bildet und im verkleinerten Maßstabe das Bild der Schmelzrinde des Meteorsteines von Stannern wiederholt, hat nicht die geringste Ähnlichkeit mit der Oberfläche der vermeintlichen Schmelzrinde der Kuttenberger Glaskugeln. Ich bin überzeugt, daß sich die firnisartig glänzende Oberfläche des Glaskörpers von Kälna ebensowenig wie bei den Moldaviten und korrodierten künstlichen Gläsern von der übrigen Glasmasse ablösen läßt; sie dürfte überhaupt keine selbständige Schichte bilden und daher in einem normal zur Oberfläche geführten Schnitt auch bei sehr starker Vergrößerung von der eigentlichen Glassubstanz gar nicht zu unterscheiden sein. Auch wenn man zugibt, daß die lack- und firnisartig glänzende Oberfläche der Moldavite durch eine Aufschmelzung entstanden ist, so darf man doch kaum von einer wirklichen, selbständigen „Schmelzrinde“ sprechen, mag man sich diese auch noch so dünn denken. Auch F. E. Suess meint in seinem auf der 81. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Salzburg abgehaltenen Vortrage: „Über Gläser kosmischer Herkunft“ (abgedruckt in der „Naturwiss. Rundschau“, 1909), daß bei den (kosmischen) Gläsern eine „flüssige Schmelzrinde, welche sich von der festgebliebenen Substanz scharf sondert“, anscheinend gar nicht zustande gekommen ist.

Diese Ansicht findet eine kräftige Stütze in den von J. Bareš (loc. cit.) ausgeführten Schmelzversuchen. Diese haben ergeben, daß sich der Moldavit bei 1250° C, also noch ziemlich weit unter dem Schmelzpunkte, mit einer grünen, undurchsichtigen, sehr dünnen Schichte überzog, während die bei 1400° C eingetretene Umschmelzung ein schön grün gefärbtes, nur durch einzelne Streifen der früher erwähnten, undurchsichtigen Schichte verunreinigtes

Glas ergab. Die Bildung einer von der übrigen Glasmasse unterscheidbaren oder gar ablösbaren „Schmelzrinde“ wurde nicht beobachtet und es ist demnach wohl kaum anzunehmen, daß sich eine solche auf natürlichem Wege bilden könnte. Diese Rinde ist eben keine Schmelzrinde, sondern, wie weiter unten eingehender bewiesen werden wird, das Produkt einer langsamen oberflächlichen Zersetzung der Glassubstanz. Die Tatsache, daß sich bei Moldaviten eine solche Zersetzungsschicht noch niemals vorgefunden hat, wird man ja vielleicht sogar als einen der vielen Unterschiede, die ohne Frage zwischen den Moldaviten und den künstlichen Gläsern bestehen, hinstellen dürfen.

Schon in meiner ersten Entgegnung an Prof. Weinschenk habe ich darauf hingewiesen, daß ganz ähnliche Rinden, wie sie die blaugrüne Glaskugel von Kuttenberg zeigt, gar nicht selten auf unzweifelhaft künstlichen Gläsern, die lange Zeit in der Erde gelegen sind, infolge einer von außen nach innen wirkenden, oft nur auf einzelne Partien der Oberfläche beschränkten Zersetzung der Glassubstanz gebildet werden. Die Widerstandsfähigkeit des Glases gegen äußere Einwirkungen wird ja gewöhnlich stark überschätzt; in Wirklichkeit sind die meisten Gläser außerordentlich empfindlich und werden bei hoher Temperatur und entsprechendem Druck schon durch Wasser vollständig zersetzt. Durch kochendes Wasser werden nach Pelouze (*Comptes rendus*, 1856, XLIII. Bd., S. 117) 10—33% der Glassubstanz zersetzt und die alkalische Reaktion, welche mit Wasser angefeuchtetes Glaspulver zeigt, beweist, daß eine teilweise Zersetzung des Glases durch Wasser auch schon bei gewöhnlicher Temperatur eintritt.

Unter den mannigfaltigen Veränderungen, welche die Gläser erleiden können, ist nur die bei höherer Temperatur eintretende „Entglasung“ oder das „Krätzigwerden“ näher studiert worden, während man sich für die bei gewöhnlicher Temperatur und dabei in der Regel sehr allmählich auftretenden Veränderungen seit Sorby nur in geringem Maße interessiert zu haben scheint. Allen Glas Technikern ist es aber sehr wohl bekannt, daß schon die Luftfeuchtigkeit eine gewisse Einwirkung auf das Glas ausübt. Bunsen hat nachgewiesen, daß das Glas an seiner Oberfläche Wasser verdichtet und energisch zurückhält; dieses Wasser vermag seinerseits eine sehr bedeutende Menge (mehr als das 2000fache Volumen!) von Kohlendioxyd aus der Luft aufzunehmen und dadurch

insbesondere jenen Prozeß zu beschleunigen, den man als das „Blindwerden“ des Glases bezeichnet.

Selbst sehr schwache Säuren wirken auf manche Gläser so energisch ein, daß eine oberflächliche Zersetzung sehr rasch eintritt. So teilt Warrington (in Erdmanns Journal 1845, XXXVI. Bd., S. 37) die Analyse eines Flaschenglases mit, welches durch den in der Flasche aufbewahrten Wein zersetzt worden war und Peligot berichtet (Ann. du Conserv., II. Bd., S. 458) über die Untersuchung des Glases einer Champagnerflasche, deren Inhalt infolge einer eingetretenen Veränderung des Glases nach wenigen Tagen verdarb. In beiden Fällen handelt es sich um ungewöhnlich kalkreiche, kieselerdearme Gläser, auf welche wir später noch zurückkommen werden.

Bei der langsamen, durch relativ sehr schwache Agentien bewirkten Zersetzung der Glassubstanz bilden sich sehr häufig dünne, irisierende Häutchen, welche leicht abblättern. Mitunter bleiben aber die zersetzten Schichten miteinander ziemlich fest verbunden, so daß sich nach und nach eine Art Rinde bildet, die jedoch immer noch eine deutlich blätterige Struktur erkennen läßt. Die unter dieser Rinde liegende Glasoberfläche zeigt in der Regel einen schwachen Glanz, der an den Lackglanz der Moldavite erinnert, sowie zarte, grubige Korrosionen. Bei mittelalterlichen Glasgefäßen, die viele Jahrhunderte hindurch in der Erde gelegen sind, ist diese Rindenbildung mitunter so weit vorgeschritten, daß auf dem Querbruche des Glases nur mehr ein ganz schmaler Streifen durchsichtiger, unveränderter Glassubstanz zu erkennen ist, während die übrige Masse undurchsichtig, mürbe und an der Oberfläche mit einem perlmutterartigen bis ausgesprochen metallischen Glanz versehen erscheint.

Diese Art der langsamen Zersetzung des Glases scheint ziemlich allgemein bekannt zu sein, ist jedoch durchaus nicht die einzige. Man findet nämlich sehr häufig, daß die Zersetzung nicht die gesamte Oberfläche des Glases gleichmäßig angreift, sondern daß sie von einzelnen Punkten ausgeht, sowohl seitwärts als auch gegen das Innere der Glasmasse fortschreitend. Mitunter zeigen sich in der durchsichtigen Glasmasse winzig kleine, weiße Pünktchen, die unter der Lupe wie strahlige Kristallaggregate aussehen, bei der Untersuchung im polarisierten Lichte jedoch als nichtkristalline, optisch-isotrope Gebilde erkannt werden. Mit Entglasungsvor-

gängen hat ihre Entstehung nichts zu tun, sie dürften vielmehr, da sie fast stets ganz nahe an der Oberfläche des Glases auftreten, durch einen lokalen Zersetzungsprozeß hervorgerufen worden sein.

Viel häufiger als diese eigentümlichen Gebilde entstehen an verschiedenen Punkten der Glasoberfläche rundliche oder rundlich-polygonale Flecken von weißer oder gelblicher Farbe, die sich von der umgebenden Glasmasse sehr scharf abheben. Sie vergrößern sich allmählich und verschimmen schließlich miteinander zu wolkigen Partien, die sich von der darunter befindlichen Glasmasse, wenn auch meist nicht gerade leicht, abheben lassen, wobei die Oberfläche der letzteren ein grubiges Relief annimmt. Die Gruben entstehen hier dadurch, daß die Zersetzung von den erwähnten Flecken aus nicht bloß seitlich, sondern verhältnismäßig rasch auch nach der Tiefe fortschreitet; die zersetzte Glasmasse ist gewöhnlich nur in sehr dünnen Schichten durchscheinend und zeigt mitunter ein deutlich blätteriges Gefüge.

Ziemlich abweichend ist eine dritte Art der langsamen Zersetzung des Glases. Auch hier entstehen von einzelnen Punkten aus Flecken, die sich vergrößern und schließlich eine zusammenhängende Rindenschichte bilden. Diese Rindenschichte ist immer anders getarbt als die unveränderte Glasmasse, von zahlreichen, teils gröberen, teils sehr zarten Sprüngen durchsetzt, jedoch zum Unterschiede von den früher betrachteten Zersetzungsringen immer noch ausgesprochen glasig. In der Regel zeigt diese Rinde eine gelbliche bis bräunliche Färbung, offenbar infolge der Oxydation des in der Glasmasse vorwiegend als Monoxyd enthaltenen Eisens; die innerste, sehr dünne Schichte hebt sich manchmal mit weißer Farbe von der darunterliegenden Glasmasse ab.

Bei den einzelnen Flecken kann man zumeist deutlich erkennen, daß von einem Punkte aus, welcher gleichsam das Zentrum der Zersetzung bildet, mehr oder weniger radial verlaufend, flachbogige Sprünge ausgehen. Diese sind untereinander durch Querklüfte verbunden, so daß ein ganzes Netz von Diskontinuitäten die Zersetzungsrinde durchzieht und die geringe Festigkeit derselben bedingt. Mitunter zieht sich zwischen den Radialklüften ein System äußerst zarter, eng gedrängter, konzentrischer Bogenlinien, die unter dem Mikroskop lebhaft an die Guillochierung der Fischschuppen erinnern und ebenfalls nichts anderes wie Zerklüftungsercheinungen sind; häufig werden sie erst nach dem Befeuchten

der Rinde mit Wasser deutlich sichtbar. An der Oberfläche der Bruchstücke eines (höchstwahrscheinlich altvenezianischen) Glasbechers beobachtete ich Aussprengungen sehr flacher, perlmutterglänzender Kugelkalotten mit nur sehr wenigen konzentrischen Bogenlinien und ohne Radialklüfte.

Die die Rinde durchsetzenden und sich teilweise bis in die unveränderte Glasmasse hineinziehenden zarten Sprünge erinnern mitunter sehr lebhaft an die Oberfläche des sogenannten „Craquelé“-Glases. Sie verlaufen im allgemeinen annähernd normal zur Glasoberfläche, doch gibt es auch Risse, die — wie z. B. die früher erwähnten, eine Art Guillochierung erzeugenden — mehr oder weniger parallel zur Oberfläche verlaufen. Da mitunter auch die glasigen Zersetzungsrinden eine deutlich blätterige Struktur erkennen lassen, so ist die Art und Weise, wie sich die Zersetzungsrinde von der übrigen Glassubstanz abtrennt, bei den verschiedenen Gläsern ziemlich verschieden. Wenn sie leicht abblättert, so pflegt die zurückbleibende Glasoberfläche mit einer sehr dünnen, mattglänzenden, feingrubigen Schichte, die sich nicht ablösen läßt, überzogen zu sein. In anderen Fällen reichen die die Rinde durchziehenden Sprünge so tief in die unveränderte Glasmasse hinein, daß die Rinde zwar leicht, aber doch nicht ohne Verletzung der unzersetzten Glassubstanz entfernt werden kann. Dann erscheint die Oberfläche des Glaskörpers unter der Rinde lebhaft glänzend und mit einer eigentümlichen Skulptur versehen, die sich sehr leicht dadurch erklärt, daß beim Ausbrechen der einzelnen Rindenteilchen auch immer noch etwas von der unveränderten Glasmasse mitgenommen wurde. Die Grübchen der Glasoberfläche entsprechen der Konvexitäten der abgesprengten Rindenpartikel und ihre Begrenzungen dem die Rinde durchziehenden System von Klüften.

Die Unterseite der abgelösten Rinde und die Oberfläche des zurückbleibenden Glaskörpers sind also substanziell ganz gleich und nur durch das Relief voneinander verschieden, indem sich Vertiefungen und Erhöhungen gegenseitig entsprechen. Gibt man dies zu, so kann man dieses Relief selbstverständlich nicht länger für die „normale Ziselierung“, d. h. für die Wirkung einer äolischen Korrosion, halten. Daß meine Erklärung richtig ist, beweist übrigens auch eine von Prof. Weinschenk (Zentralbl. f. Min. usw. 1908, S. 739) mitgeteilte, aber nicht gebührend gewür-

digte Beobachtung. Er bemerkt nämlich ganz richtig, daß sich die matte Rinde der „chrysolithfarbigen“ Kugel ziemlich leicht „mit glänzender Unterfläche“ von dem unter ihr lebhaft glasglänzenden Körper des „kompakten Moldavits“ abhebt. Diese „glänzende Unterfläche“ rührt jedoch nicht von der als matt bezeichneten Rinde, sondern zweifellos von der der Unterseite der Rinde anhaftenden, unveränderten Glassubstanz her.



Fig. 2.

Prof. Weinschenk hat bei seiner Beschreibung der Kuttenger Glaskugeln (*loc. cit.* S. 739) auf das Vorhandensein der „Rindenschicht“ ein ganz besonderes Gewicht gelegt und gemeint, daß es kaum einen strikteren Beweis für die kosmische Natur der Kuttenger Glaskugeln gibt. Ich habe schon in meiner ersten Entgegnung zwei Glasgefäße beschrieben, welche genau dieselbe Rindenbildung zeigen wie die Kuttenger Kugeln; der untere Teil eines dieser Gefäße ist auch hier (Fig. 2) darge-

stellt und läßt deutlich erkennen, daß die Glassubstanz zum Teil noch ganz unverändert ist (die dunklen Partien der Figur), zum Teil helle, isolierte oder zu größeren Komplexen vereinigte Zersetzungsflecken aufweist, während sich auf der Bodenpartie eine Rinde gebildet hat, die an den mit \times bezeichneten Stellen bereits ausgebrochen ist. Diese Rinde stimmt in allen Eigenschaften mit der von mir ebenfalls untersuchten Rindenschicht der Kuttenberger Kugeln überein; für die kosmische Natur der letzteren hat also das Vorhandensein der Rinde nicht die geringste Beweiskraft.

Seit meiner ersten Publikation habe ich die Bildung einer Zersetzungsrinde auch noch an verschiedenen anderen Glasresten beobachtet. An dem Fragment eines dünnwandigen, kunstvoll geblasenen Glasbechers (wahrscheinlich altvenezianischen Ursprungs), dessen Glasmasse ich einer quantitativen chemischen Analyse unterzogen habe, erreicht die Rinde ungefähr $\frac{1}{4}$ der Wandstärke; durch ihre gelbbraune Farbe hebt sie sich scharf von der darunter liegenden, blaugrünen Glasmasse ab und hinterläßt nach dem Ausbrechen auf der Oberfläche der letzteren rundliche oder elliptische, miteinander teilweise verschmelzende Vertiefungen, die unter der Lupe eine zarte Guillochierung erkennen lassen.

An einer kleinen Medizinflasche aus hellgrünlichem Glas fand ich den größten Teil der Oberfläche mit einer gelblichen bis bräunlichgelben Rinde bedeckt, während sich auf der Innenseite nur sehr dünne, irisierende Blättchen ablösen ließen. Die Rindenbildung folgt auf diesem Gefäße ganz deutlich den Linien, die der Fluidalstruktur des Glases entsprechen. Es bilden sich kleine, perlschnurartig aneinandergereihte, rundliche Vertiefungen oder langgestreckte Furchen, die an den Enden meist rundlich begrenzt, mitunter jedoch in eine nahezu geradlinige, scharfe Spitze ausgezogen erscheinen. Auch von den an Wurmgänge erinnernden Furchen laufen mitunter nach seitwärts geradlinige, scharf zugespitzte Apophysen, die den Eindruck hervorbringen, als hätte man es mit Entglasungserscheinungen (Kristallisationen) zu tun; im polarisierten Licht erweisen sich auch diese Rindenpartien als isotrop.

Bei einer aus der Umgebung von Krasna stammenden Glas- kugel, die noch deutlich den Ansatz der Pfeife und in der blaugrünen Glasmasse zahlreiche, nur zum Teil geschmolzene Quarz- körner erkennen läßt, beobachtete ich Reste einer sehr dünnen,

braungelben Rinde, welche ursprünglich wohl die ganze Oberfläche der Kugel bedeckt hat. Bemerkenswert ist die Skulptur der unter der Rinde liegenden Glasoberfläche, welche mit ihren verhältnismäßig tiefen Gruben und wurmgangähnlichen Korrosionen viel eher mit der Skulptur der Moldavite verglichen werden kann, als dies bei den Kuttenberger Kugeln der Fall ist¹⁾.

Schon die wenigen hier angeführten Beispiele zeigen zur Genüge, daß auch die Bildung einer Zersetzungsrinde in recht mannigfaltiger Weise vor sich gehen kann. Es spielen hier außer der chemischen Zusammensetzung des Glases und der Art der auf letzteres einwirkenden Agentien ohne Zweifel auch noch andere Faktoren mit, die sich unserer Kenntnis entziehen. So scheint z. B. die Tatsache, daß Außen- und Innenseite von Glasgefäßen oft ganz verschiedene Arten der Zersetzung aufweisen, darauf hinzudeuten, daß auch geringe Differenzen in den im Glase vorhandenen inneren Spannungen einen gewissen Einfluß auf den Verlauf der Zersetzungsprozesse haben. Auf die chemischen Veränderungen, die mit der Rindenbildung des Glases verbunden sind, komme ich erst am Schlusse dieser Abhandlung zu sprechen. Hier will ich mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, welche Prof. Weinschenk der Rindenschicht der Kuttenberger Kugeln beilegt, auf die physikalischen Eigenschaften der Zersetzungsrinde zweifellos künstlicher Gläser noch etwas näher eingehen.

Daß die Rinde von zahlreichen feinen Sprüngen durchsetzt ist, wurde bereits bemerkt; mit dieser Tatsache hängt nicht nur ihre Sprödigkeit und leichte Zerbrechlichkeit, sondern auch ihre Eigenschaft, an der Zunge oder an der feuchten Lippe zu haften, zusammen. Diese Eigenschaft erwähnt Weinschenk (Zentralbl. für Miner. usw. 1908, S. 740) auch von der Rinde der Kuttenberger Kugeln und bemerkt ganz richtig, daß sie „nicht die Folge einer blasigen Struktur“ sei, sondern auf

¹⁾ Eine ähnliche Glaskugel mit tiefen Korrosionsfurchen bildet Dr. B. Ježek in seiner neuesten Schrift („Dnešní stav otázky vltavinové“, loc. cit. S. 9 d. Sep.-Abdr.) ab. Eine mit dieser bei Bohuslawitz (unweit von Neustadt an der Mettau) in Böhmen gefundenen Glaskugel auch in der Größe übereinstimmende Kugel kam kürzlich mit einer Suite von Moldaviten in den Besitz des mährischen Landesmuseums. Sie wurde bei Slawitz nächst Trebitsch, also im Verbreitungsgebiete der mährischen Moldavite, gefunden, ist aber ohne Zweifel ein Kunstprodukt.

einer „außerordentlich feinrissigen Beschaffenheit“ der Rindensubstanz beruhe. Merkwürdigerweise spricht Prof. Weinschenk in einer späteren Mitteilung (Zentralbl. f. Miner. usw. 1909, S. 547) von einer „braunen, blasigen Glasrinde“ und einige Zeilen weiter von der „braunen, blasigen Hülle aus Glas“¹⁾, indem er meint, daß sich eine solche unmöglich durch Verwitterungsprozesse, sondern „nur durch momentane enorme Erhitzung“ bilden könne. In Wirklichkeit sind auch die zweifellos durch langsame Zersetzung („Verwitterung“ ist hier nicht der zutreffende Ausdruck) entstandenen Glasrinden feinrissig, aber niemals blasig, gerade so wie die Rinde der Kuttenberger Kugeln. Es besteht demnach in dieser Beziehung zwischen der letzteren und den unzweifelhaften Zersetzungsringen der künstlichen Gläser nicht der geringste Unterschied, während anderseits der als Tektit aufgefaßte Glaskörper von Kälna in Schweden nach W. Wahl (Beitr. zur Kenntnis des Tektiten von Kälna in Skåne; Geol. Förh. i. Stockholm Förh. 1909, XXXI. Bd., S. 471—478) eine blasenreiche Schmelzrinde besitzt, die sich ganz gewiß von dem übrigen Glaskörper nicht leicht trennen läßt.

Eine weitere Eigenschaft der durch langsame Zersetzung an künstlichen Gläsern entstehenden Rinde ist die Schwerschmelzbarkeit derselben. Ich habe schon in meiner ersten Entgegnung (S. 459) darauf hingewiesen, daß die Rindensubstanz der in Fig. 2 abgebildeten Glasflasche in der Flamme des Teklubrenners nicht schmilzt und daß sich selbst sehr dünne Splitter auch an den schärfsten Kanten kaum abrunden. Genau so verhielt sich ein von mir untersuchtes, scharfkantiges Körnchen der Rindensubstanz der Kuttenberger Kugel. Es färbte sich in der Flamme, in welcher ein Messingdraht von 0.7 mm Dicke (in meiner ersten Mitteilung ist infolge eines Druckfehlers die Dicke mit 7 mm angegeben) leicht zum Schmelzen gebracht werden konnte, bloß etwas dunkler, zeigte aber keine Spuren von Schmelzung. Diese Tatsache spricht wohl sehr entschieden gegen die Ansicht, daß die Rinde der Kuttenberger Kugeln eine „Schmelzrinde“ sei, da eine bloße

¹⁾ Um einen Schreib- oder Druckfehler kann es sich hier wohl kaum handeln, da man doch nicht von einer „glasigen Glasrinde“ oder einer „glasigen Hülle aus Glas“ sprechen wird. Die ursprüngliche Angabe Weinschinks ist die richtige, denn von einer „blasigen“ Rinde kann bei den Kuttenberger Kugeln tatsächlich nicht die Rede sein.

Aufschmelzung der Glasoberfläche keineswegs hinreicht, die außerordentliche Schmelzbarkeit der neugebildeten Rinde zu erklären und bei den Moldaviten nicht bloß die peripherischen, sondern auch die zentralen Partien der Glasmasse durch einen auffallend hohen ~~Schmelz-~~Schmelzpunkt ausgezeichnet sind. Auch die von Weinschenk (Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, S. 740) hervorgehobene „untergeordnete Oxydation des Eisengehaltes“ genügt nicht, um die bedeutende Veränderung des Schmelzpunktes zu erklären. Diese Oxydation findet auch — wie die gelbe bis braune Farbe der Rinde beweist — bei der langsamen Zersetzung der künstlichen Gläser statt; auch im letzteren Falle bilden sich die von Weinschenk erwähnten Anhäufungen brauner Punkte, namentlich längs der die Rinde durchziehenden Risse. Diese braunen Punkte dürften übrigens zum Teil auf humusartige Substanzen zurückzuführen sein, da sie sich auch auf anderen Gegenständen¹⁾, die mit den Glasresten in der Erde gelegen sind, vorfinden. „Magnetit-ähnliche Kristallisationen“, wie sie Weinschenk in der Rinde der Kuttenberger Kugeln beobachtet haben will, treten in den Zersetzungsringen künstlicher Gläser niemals auf; ich habe aber auch in der Rindensubstanz der Kuttenberger Kugeln gar nichts gefunden, was auch nur entfernt an magnetisenähnliche Ausscheidungen erinnern würde. Es ist ja auch von vornherein höchst unwahrscheinlich, daß sich bei der Umschmelzung eines Glasflusses der verhältnismäßig doch sehr unbedeutende Eisengehalt in der Form von Magnetit ausscheiden wird, da die Bildung dieser hohen Oxydationsstufe des Eisens selbst bei eisenreichen Schlacken nicht gerade häufig beobachtet wird.

Die von Weinschenk in seiner ersten Beschreibung (S. 739) der Kuttenberger Kugeln erwähnte, „oft deutlich schlierige“ Beschaffenheit der glasigen Rinde ist ohne Zweifel ein primäres Merkmal der Glasmasse und nicht erst auf die Umschmelzung der oberflächlichen Partien der letzteren zurückzuführen, da durch eine solche nicht tiefgreifende Aufschmelzung eine deutliche Fluidalstruktur kaum hervorgerufen werden kann. Es ist viel eher zu erwarten, daß die in der Glasmasse etwa vorhandene Fluidal-

¹⁾ Näheres über die mit den hier erwähnten alten Gläsern aufgefundenen Gefäße und sonstigen Objekte enthält meine Abhandlung: „Die Gefäßfunde im Baugrunde der Brünnner Häuser“; Zeitschr. d. mähr. Landesmuseums, 1909, S. 92 ff.

struktur in den aufgeschmolzenen Oberflächenpartien mehr oder weniger verwischt wird — wie dies z. B. von der „Schmelzrinde“ des Glaskörpers von Kälna angegeben wird (vgl. W. Wahl, loc. cit.) — während sie in der Rinde zersetzter Gläser in der Regel deutlich erhalten bleibt. Die schlierige Beschaffenheit der Rinde der Kuttenberger Glaskugeln spricht also meiner Ansicht nach ebenfalls gegen die Entstehung dieser Rinde durch Aufschmelzung der Oberfläche der Glasmasse.

Im polarisierten Licht erscheinen die glasigen Zersetzungs-rinden vollkommen isotrop. Was ihr Lichtbrechungsvermögen anbelangt, so habe ich gefunden, daß der Brechungsexponent geringer ist als bei der unveränderten Glasmasse und sich dem mittleren Brechungsexponenten der Moldavite nähert. Diesem Umstande kommt jedoch keine besondere Bedeutung zu, da der Brechungsexponent künstlicher Gläser mitunter bis auf 1·465, also noch unter den kleinsten für die Moldavite ermittelten Wert (1·488, nach Prof. F. Becke in: F. E. Suess, Notizen über Tektite, S. 466, 1·4861 nach Ježek und Woldřich: „Beitrag zur Lösung der Tektitfrage“; Bull. internat. de l'Acad. des Sciences de Bohême, 1910, S. 11 des Sonderabdruckes; beide Werte gelten für Natriumlicht) herabsinkt. Auch bei der Rindensubstanz der Kuttenberger Kugeln fand ich den Brechungsexponenten im Tageslicht kleiner als den des Xylols (1·495), während die Glasmasse nach Prof. F. Becke einen bedeutend höheren Brechungsexponenten (1·544 bei der blaugrünen, 1·556 bei der gelbgrünen Kugel) besitzt.

Ich habe mich bei der Besprechung der Zersetzungs-rinden alter Gläser absichtlich etwas länger aufgehalten, weil die Bildung solcher Rinden anscheinend wenig bekannt ist und Prof. Weinschenk die Ansicht ausgesprochen hat, daß es sich hierbei zweifellos um ein „Umschmelzungsprodukt“ handelt. Obwohl ich nun bereits in meiner ersten Entgegnung nachgewiesen zu haben glaube, daß glasige, feinrissige Rinden, die in allen Eigenschaften mit der Rinde der Kuttenberger Glaskugeln vollständig übereinstimmen, auch auf unzweifelhaft künstlichen Gläsern als Folge einer langsamen Zersetzung auftreten, ist Prof. Weinschenk in seiner zweiten Schrift (Zum Streit über die „Echtheit“ der Moldavite; Zentralbl. f. Miner. usw., 1909) bei seiner Ansicht geblieben und hat sogar (S. 549) der Meinung Ausdruck gegeben, daß „eine absolute Voreingenommenheit“ dazu gehöre, die

äußere Beschaffenheit der Kuttenberger Glaskugeln mit sekundären Veränderungen an künstlichen Gläsern zu vergleichen. Nun, ich hatte Gelegenheit, die Zersetzungserscheinungen an alten Gläsern ohne jede Voreingenommenheit schon vor vielen Jahren zu studieren und ebenso die Kuttenberger Kugeln eingehend zu untersuchen. Prof. Weinschenk kennt nur die letzteren, scheint aber Rindenbildungen an alten, künstlichen Gläsern noch niemals gesehen zu haben. Es fällt mir gar nicht ein, ihm daraus einen Vorwurf zu machen, denn meine Kenntnis alter Gläser verdanke ich ja auch nur dem Umstande, daß ich mich nebenbei auch ein wenig mit Archäologie beschäftige; wohl aber muß sich Prof. Weinschenk den Vorwurf gefallen lassen, daß er meine gewiß sehr gewichtigen Einwendungen gegen seine Deutung der Rinde der Kuttenberger Glaskugeln nicht zu entkräften versucht hat. Allerdings ist ein solcher Versuch von vornherein aussichtslos und an der kosmischen Herkunft der Kuttenberger Kugeln kann man nur so lange festhalten, als man es über sich bringt, Flaschen und andere Glasgefäße, welche genau dieselben Rindenbildungen, beziehungsweise Skulpturverhältnisse zeigen, vollständig zu ignorieren oder auch diese Kunsterzeugnisse als vom Himmel gefallene, richtige „Bouteillensteine“ anzusehen.

Von der Bezeichnung der Kuttenberger Kugeln als „Moldavite“ ist Prof. Weinschenk bereits abgekommen, indem er zugibt, daß in Anbetracht der zweifellos bestehenden beträchtlichen Differenzen, namentlich im Lichtbrechungsvermögen, aber auch in der Skulptur und in der Art des Glanzes, die Kuttenberger Glaskörper aus der Gruppe der Moldavite¹⁾ entfernt werden müssen. In seiner neuesten, in Gemeinschaft mit H. Steinmetz veröffentlichten Schrift (Weitere Mitteilungen über den neuen Typus der Moldavite; Zentralbl. f. Miner. usw., 1911, S. 231 ff.) bezeichnet er allerdings die Kuttenberger Kugeln wiederum als „moldavitartig“ und bespricht eine Reihe von weiteren Vorkommnissen, die sich seiner Ansicht nach an die ersteren anschließen und wie diese als Tektite aufzufassen sind. Es handelt sich da um Glaskügelchen, welche,

¹⁾ In seiner zweiten Mitteilung (Zentralbl. f. Miner. usw., 1909, S. 550) identifiziert Weinschenk die Begriffe „Tektite“ und „Moldavite“, was natürlich ganz unzulässig ist, da die Moldavite nur eine Untergruppe der Tektite darstellen und letztere auch nach dem „älteren Sprachgebrauch“ unmöglich als „Moldavite“ bezeichnet werden können.

wie Prof. Weinschenk (loc. cit. S. 231) sagt, nach Suess und Rzehak „prähistorische Glasperlen“ sind, die „allenthalben in Böhmen und Mähren auf den Feldern“ vorkommen. Weinschenk hebt den betreffenden Satz mit Anführungszeichen hervor, so daß jeder mit der einschlägigen Literatur nicht genügend vertraute Leser den Eindruck bekommen muß, es sei dieser Satz in irgend einer Publikation von „Suess und Rzehak“ enthalten. Was mich anbelangt, so erinnere ich mich nicht, jemals mündlich oder schriftlich behauptet zu haben, daß „prähistorische Glasperlen“ in Böhmen und Mähren „allenthalben“ auf den Feldern vorkommen; ich kann nur sagen, daß sicher prähistorische Glasperlen und Glaskugeln in Mähren zu den Seltenheiten gehören. In meiner ersten Entgegnung heißt es auf Seite 461: „Mehrere Glaskugeln, die mir vorliegen und die in verschiedenen Gegenden Mährens (eine davon im Zentrum des mährischen Moldavitvorkommens) ganz isoliert aufgefunden wurden, können nur als verschleppte künstliche Erzeugnisse aufgefaßt werden“ Es wird hier also bloß von mehreren, ganz isoliert aufgefundenen Glaskugeln und nicht von „allenthalben“ vorkommenden „prähistorischen Glasperlen“ gesprochen. Meines Wissens hat auch Prof. F. E. Suess niemals gesagt, daß „prähistorische Glasperlen“ in Böhmen und Mähren allenthalben auf den Feldern gefunden werden; wohl aber findet sich in seinen „Notizen über Tektite“ (S. 467) der folgende Schlußsatz: „Die Glaskugeln von Kuttenberg sind sicher keine Moldavite, sondern irgend welche Zufallsprodukte eines Glasofens oder einer Schmelzhütte, wie sie im Schutt und auf den Äckern in Böhmen und Mähren nicht selten gefunden werden“. Diese Bemerkung bezieht sich jedoch, wie man sieht, keineswegs auf prähistorische Glasperlen, so daß Prof. Weinschenk seine in Form eines Zitates, d. h. mit Anführungszeichen veröffentlichte Angabe weder nach Suess noch nach Rzehak gemacht hat; diese beiden Namen gehören zu dem betreffenden Passus ebenso wenig wie die Anführungszeichen.

Ich mußte auf diesen an sich vielleicht ziemlich nebensächlichen Umstand schon deshalb eingehen, weil Prof. Weinschenk eine von ihm analysierte Glaskugel von Oberkaunitz in Mähren an mehreren Stellen seiner neuesten Schrift als prähistorisch bezeichnet. So erwähnt er S. 231, daß die vier Glaskugeln von Oberkaunitz, die ihm durch die besondere Liebenswürdigkeit des

Direktors der prähistorischen Abteilung des mährischen Landesmuseums zur Untersuchung überlassen worden waren, „neben Bronzen in prähistorischen Gräbern“ gefunden wurden. Das Ehrenamt eines Direktors der prähistorischen Abteilung des mährischen Landesmuseums habe ich selbst, solange diese Institution bestand, bekleidet und zur Übersendung der Oberkaunitzer Glaskugeln an Prof. Weinschenk sehr gerne meine Zustimmung gegeben; die Angabe jedoch, daß diese Kugeln „neben Bronzen in prähistorischen Gräbern“ gefunden worden sind, stammt nicht von mir. Ich habe zwar in meiner Schrift: „Die prähistorische Sammlung des Franzensmuseums in Brünn“ (Annales Mus. Francisc., 1899, S. 78) diese Glaskugeln unter den Artefakten der Hallstattperiode eingereiht, aber gleichzeitig bemerkt, daß das Alter derselben nicht sichergestellt ist, und in meiner Mitteilung: „Zur Geschichte des Glases in Mähren“ (Mitteil. d. mähr. Gewerbemuseums, XV. Jahrg., 1897, S. 65 ff.) heißt es bei Erwähnung der Oberkaunitzer Kugeln auf S. 70 ganz ausdrücklich: „Der prähistorischen Zeit gehören diese Stücke meiner Ansicht nach nicht an“. Es liegt hier ohne Zweifel eine Verwechslung vor mit den von mir in meiner ersten Entgegnung (S. 462) erwähnten Fundstücken von Eiwanowitz in Mähren, die ich selbst irrtümlich als „Glaskügelchen, die lebhaft an die Kuttenberger Stücke erinnern“, bezeichnet habe. In Wirklichkeit sind die neben Armringen der jüngeren Bronzezeit aufgefundenen Glasartefakte von Eiwanowitz keine Kugeln, sondern durchbohrte, sehr unregelmäßig gestaltete Glasperlen, die mit den Kuttenberger Kugeln gar keine Ähnlichkeit haben, wie aus der Beschreibung derselben in meiner oben zitierten Schrift: „Zur Geschichte des Glases in Mähren“ (S. 68) hervorgeht. Immerhin ist es bemerkenswert, daß auch die trotz ihrer Durchsichtigkeit mehr schlacken- als glasartige Masse dieser Perlen einen sehr hohen Schmelzpunkt besitzt und stellenweise in eine poröse, schaumige, leicht zerreibliche Substanz umgewandelt erscheint, die die größte Hitze des Teklubrenners aushält, ohne sich wesentlich zu verändern¹⁾.

Prof. Weinschenk fand an den Glaskugeln von Oberkaunitz eine Skulptur, ähnlich derjenigen, die auf den Kuttenberger Stücken

¹⁾ Ich benutze die Gelegenheit, um einen störenden Druckfehler zu korrigieren, der sich in meine Mitteilung „Zur Geschichte des Glases in Mähren“ eingeschlichen hat. Statt „Impfartikel“ soll es dort (S. 68) richtig „Importartikel“ heißen.

vorhanden ist. In der Farbe stimmen nicht zwei derselben vollkommen überein, während sie im spezifischen Gewicht untereinander fast ganz genau übereinstimmen. Der Umtsand, daß dieses Gewicht (2·656) dasselbe ist wie das des Quarzes, hat natürlich gar keine Bedeutung, da die spezifischen Gewichte der künstlichen Gläser zwischen sehr weiten Grenzen schwanken, ohne jedoch anscheinend bis auf den für Moldavite ermittelten Wert (unter 2·4) herabzusinken. Bemerkenswert ist, daß sich auch bei den Oberkaunitzer Glaskugeln der Brechungsexponent von dem der Moldavite sehr weit entfernt und noch beträchtlich höher (nach Weinschenk = 1·571, gemessen mit dem Abbe'schen Totalreflektometer) ist als bei den Kuttenberger Stücken.

Die mikroskopische Untersuchung bietet nicht den geringsten Anhaltspunkt für die Auffassung der Oberkaunitzer Glaskugeln als kosmische Gebilde. Die stellenweise „ziemlich massenhaft“ vorhandenen kristallinen Ausscheidungen von Kalziummetasilikat sprechen entschieden für die künstliche Herstellung des betreffenden Glasflusses, da sich das genannte Silikat, wie Prof. Weinschenk selbst bemerkt, in künstlichen kalkreichen Schmelzen außerordentlich leicht bildet. Es ist ja eines der bekanntesten Produkte der „Entglasung“, die eine in der Praxis (unter dem Namen „Krätzigwerden“ des Glases) sehr bekannte Erscheinung ist und um so leichter eintritt, je komplizierter die Zusammensetzung des Glases ist. Im allgemeinen entglasen die kalkreichen Gläser am leichtesten, wobei das Kalziumoxyd zum Teil durch Baryumoxyd ersetzt sein kann, wie bei dem kürzlich von Donath und Indra (Über leicht entglasendes Glas“; Zeitschr. f. d. keram., Glas- u. verwandten Industrien, Koburg, 191, XLIV. Jahrg.) untersuchten Glas. Nach Pelouze (Dinglers Polytechn. Journ., CLXXXIV. Bd., S. 310) begünstigt auch ein größerer Gehalt an Magnesiumoxyd den Entglasungsprozeß, der aber auch beim gewöhnlichen grünen Flaschenglas nicht selten eintritt. M. Gröger hat (Dinglers Polytechn. Journ., CCXLII. Bd., 1881, S. 297 ff.) einen solchen Glasfluß (Aussiger Flaschenglas) untersucht, welcher neben 64·39% SiO_2 bloß 12·81% CaO und 0·61% MgO enthält und dennoch — wie eine in meinem Besitze befindliche Probe beweist — große kugelige Ausscheidungen von kristallinischem Kalziummetasilikat einschließt.

Die leicht eintretende Entglasung der Substanz der Ober-

kaunitzer Kugeln erklärt sich aus ihrer ungewöhnlichen Zusammensetzung, welche nach Prof. Weinschenk mit ein Grund ist, die erwähnten Kugeln nicht als künstliche Gebilde gelten zu lassen.

Die von Weinschenk ausgeführte chemische Analyse einer der vier Oberkaunitzer Glaskugeln ergab folgendes Resultat:

SiO ₂	45·67 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃	6·64 „
FeO	0·79 „
MnO	1·10 „
CaO	27·49 „
MgO	2·60 „

Der Rest (15·71⁰/₀) entfällt hauptsächlich auf Alkalien. Prof. Weinschenk betont („Weitere Mitteil. über d. neuen Typus d. Moldavite“; Zentralbl. f. Mineral. usw., 1911, S. 234) selbst, daß bei einem so ungewöhnlich basischen, kalkreichen Glas die Neigung zur Entglasung naturgemäß sehr groß sein muß, zieht jedoch aus dieser Tatsache gewisse Schlüsse, die durchaus nicht zutreffend sind. So meint er z. B., daß die leichte Entglasung und die mit dieser eintretende Schwerschmelzbarkeit es sehr unwahrscheinlich erscheinen lassen, „daß die prähistorischen Menschen gerade ein so schwer zu behandelndes Gemenge zur Herstellung ihrer Schmucksachen zusammengestellt hätten“ und daß es „auf ein geradezu undenkbares Raffinement in den ersten Stadien der Kultur“ schließen ließe, wenn man „diese merkwürdig zusammengesetzten Gebilde“ wirklich „prähistorischer Kunstfertigkeit“ zuschreiben wollte.

Da ist nun vor allem zu bemerken, daß es sich bei den Oberkaunitzer Glaskugeln — wie schon oben ausgeführt wurde — höchst wahrscheinlich nicht um prähistorische Gegenstände handelt. Sie mögen vielleicht einige Jahrhunderte alt sein, dürften aber der prähistorischen Zeit schon deshalb nicht angehören, weil die unzweifelhaft prähistorischen, in Europa bloß bis in die jüngere Bronzezeit zurückreichenden Glaskugeln nicht nur von ganz anderer Beschaffenheit, sondern auch — so viel mir bekannt — immer durchbohrt, also als Perlen zu bezeichnen sind. Diese fanden selbstverständlich als Schmuck Verwendung, während ein kugeliges, undurchbohrtes Glaskörper wohl kaum als Schmuckgegenstand benutzt werden kann. Die ältesten, in Mitteleuropa aufgefundenen,

prähistorischen Glasperlen sind ohne Zweifel aus dem Orient importiert, woselbst die Kenntnis des Glases und seiner Verarbeitung sehr weit zurückreicht. Die altägyptischen Gläser haben annähernd dieselbe Zusammensetzung wie die viel späteren römischen und frühmittelalterlichen Gläser. Sie sind alle reich an SiO_2 und Na_2O , arm an Al_2O_3 und Eisen; der Kalkgehalt ist verhältnismäßig gering, bei vier Analysen altägyptischer Gläser zwischen 5·17 und 8·56%, schwankend (nach Muspratts Chemie, 4. Aufl., III. Bd., S. 1365). Die erstaunlich hohe Entwicklung der Glasindustrie im alten Ägypten wird unter anderem durch die Auffindung einer geschliffenen Urne aus Überfangglas in einem Grabe, welches dem 17. Jahrhundert vor Christi angehört, bewiesen. Auch in den südlichen Alpenländern fanden sich auf Kulturstätten der Hallstätt epoche, die sich ja zum Teile mit der jüngeren Bronzezeit der nördlicheren Gebiete deckt, Gegenstände aus Glas — ich nenne nur eine Bronzefibel, deren Bügel in eine Glashülle eingeschlossen erscheint — die eine bedeutende Kunstfertigkeit und hochentwickelte Glastechnik verraten. Bei derlei Erzeugnissen in einer so frühen Zeit kann man, obgleich es sich ja längst nicht mehr um die „ersten Stadien der Kultur“ handelt, vielleicht von einem „Raffinement“ sprechen; ein abnorm zusammengesetzter Glasfluß beweist jedoch in chronologischer Beziehung gar nichts, denn er kann ebensogut prähistorisch wie modern sein. Wenn auch derartige Glasflüsse im allgemeinen als fehlerhafte Gläser zu bezeichnen sein werden, so dürfen sie doch nicht alle, etwa deshalb, weil sie leicht entglasen, als unbrauchbar bezeichnet werden. So war z. B. die Glasmasse, aus welcher die Oberkaunitzer Kugeln hergestellt sind, ohne Zweifel zur Erzeugung solcher Kugeln ganz geeignet, ebenso wie das besonders leicht entglasende, von Donath und Indra (loc. cit.) analysierte Glas ohne Schwierigkeit zur Erzeugung von Glasröhren verwendet werden konnte.

Ohne Zweifel wurden fehlerhafte Glasflüsse in früheren Zeiten viel häufiger erhalten als jetzt. Aber auch heute noch ist die Herstellung eines tadellosen, dem bestimmten Zwecke vollkommen entsprechenden Glases keine ganz einfache Sache; trotz der sorgfältigen Untersuchung des Rohmaterials und der peinlichen Einhaltung der erprobten Mischungsverhältnisse und Arbeitsmethoden hat auch die moderne Glasindustrie in der Herstellung

der Glasflüsse mitunter Mißerfolge zu verzeichnen, deren Ursache nur schwer oder gar nicht zu ergründen ist. Deshalb sind auch abnorm zusammengesetzte Gläser keineswegs so selten, wie es Prof. Weinschenk anzunehmen scheint; wenn zahlreichere Glasanalysen vorliegen würden, so ließen sich auch die tatsächlich sehr bedeutenden Schwankungen in der Zusammensetzung der künstlichen Gläser besser übersehen, als dies augenblicklich möglich ist.

Immerhin finden sich in der einschlägigen Literatur mehrere Analysen von Gläsern, die in ihrer chemischen Zusammensetzung der Glasmasse der Oberkaunitzer Kugeln recht nahe kommen. Prof. Weinschenk bemerkt („Weitere Mitteil. usw.“, Zentralbl. f. Miner. usw., 1911, S. 236), daß unter allen Analysen alter und neuer künstlicher Gläser nur eine einzige gefunden werden konnte, „welche einigermaßen wenigstens Ähnlichkeit mit dem Glas von Oberkaunitz hat“. Es handelt sich um ein französisches Champagnerflaschenglas, dessen Zusammensetzung (in abgerundeten Prozentzahlen) folgende ist:

SiO ₂	46 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃	14 „
Fe ₂ O ₃	6 „
CaO	28 „
Alkalien	6 „
	100 ⁰ / ₀

Diese Analyse bezieht sich ohne Zweifel auf eine von Clichy stammende, von Dumas untersuchte Glasmasse; die genaueren Analysenresultate finden sich in Muspratt, 4. Aufl., III. Bd., S. 1365 verzeichnet. Dieselbe Quelle lehrt uns aber auch Gläser kennen, welche sich, wie wir weiter unten sehen werden, der Oberkaunitzer Glasmasse noch mehr nähern als das oben erwähnte Glas von Clichy.

Ein von Maumené analysiertes böhmisches Champagnerflaschenglas war in folgender Weise zusammengesetzt:

SiO ₂	58·40 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃	2·10 „
Fe ₂ O ₃	8·90 „
CaO	18·60 „
Na ₂ O	9·90 „
K ₂ O	1·80 „

Dieses Glas bildet gewissermaßen den Übergang zwischen normalen Gläsern und jenen Typen, die sich durch einen noch geringeren Kieselerdegehalt und hohen Gehalt an Kalk auszeichnen. Es enthält noch weniger Tonerde als das Glas von Clichy und schließt sich in dieser Beziehung an die gewöhnlichen, tonerdearmen bis tonerdefreien Gläser an; daß der Alkaligehalt größer ist als bei dem Glas von Clichy, aber kleiner als der der Oberkaunitzer Kugeln, beweist weiter nichts als die bekannte Tatsache, daß die chemische Zusammensetzung brauchbarer Gläser in ziemlich weiten Grenzen schwanken kann und daß sich gewisse Gemengteile bis zu einem gewissen Grade gegenseitig zu vertreten vermögen.

So kann z. B. ein hoher Alkaligehalt durch einen Überschuß von Kieselerde kompensiert werden und der Gehalt an letzterer um so geringer sein, je mehr die Alkalien dem Kalk gegenüber zurücktreten. Differenzen in den Verhältnissen zwischen Kieselerde, Tonerde und dem Kalk-Alkaligehalt können deshalb meines Erachtens keine besondere Bedeutung beanspruchen und die Glasmasse der Kugeln von Oberkaunitz muß nicht schon deshalb kosmischen Ursprungs sein, weil sie doppelt so viel Tonerde und etwas mehr als doppelt soviel Alkalien enthält als das Glas von Clichy.

Das Glas einer Champagnerflasche, in welcher der Wein nach einigen Tagen völlig verdorben war, fand Péligré in folgender Weise zusammengesetzt:

SiO ₂	52·4 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃	5·1 „
FeO	6·0 „
CaO	32·1 „
K ₂ O	4·4 „
	100·0 ⁰ / ₀

Dieses Glas ist noch etwas kieselerdeärmer als das von Maumené analysierte; es enthält nur etwa 6·5⁰/₀ SiO₂ mehr als die Glaskugeln von Oberkaunitz und 1·5⁰/₀ Al₂O₃ weniger als letztere. Der Kalkgehalt ist um fast 5⁰/₀ größer, der Alkaligehalt hingegen wesentlich geringer.

Ein von Warrington analysiertes französisches Flaschenglas, welches durch die schwache Säure des in den Flaschen auf-

bewahrten Weines sehr rasch angegriffen wurde, hatte die folgende **Zusammensetzung**:

SiO ₂	49·00%
Al ₂ O ₃	4·10 "
Fe ₂ O ₃	10·10 "
CaO	27·55 "
Na ₂ O	2·00 "
K ₂ O	7·25 "
	100·00%

Hier haben wir ein Glas vor uns, das sich nicht mehr wesentlich von dem Material der Oberkaunitzer Kugeln unterscheidet. Da bei den letzteren ein auffallend geringer und durch eine Kontrollanalyse nicht sichergestellter Eisengehalt (0·79% FeO) angegeben wird, so wäre es immerhin möglich, daß irgend ein Fehler (vielleicht nicht vollkommene Reduktion des Fe₂O₃ in dem Gemenge von Al₂O₃ und Fe₂O₃; aus welchem der Gehalt an FeO bestimmt wurde) unterlaufen ist; dann würde sich die Differenz im Alkaligehalt etwas ausgleichen und man könnte von einer wesentlichen Übereinstimmung der beiden Glasflüsse sprechen. Auch dieses abnorm zusammengesetzte Glas war zur technischen Verarbeitung ganz geeignet, wenn auch die daraus gefertigten Flaschen zur Aufbewahrung von Wein nicht benutzt werden konnten; die „sinnwidrige Zusammensetzung“ hat hier ebensowenig wie bei der Glasmasse der Oberkaunitzer Kugeln eine praktische Bedeutung, sofern es sich nur um die Möglichkeit der glashütten-technischen Verwendung handelt. Auf alle Fälle muß Prof. Weinschenk zugeben, daß es nicht ganz zutreffend ist, wenn er behauptet (Zentralbl. f. Miner. usw., 1911, S. 238), die Glaskugeln von Oberkaunitz ließen „keinen irgendwie gearteten Vergleich“ mit künstlichen Gläsern zu. Unzweifelhaft richtig ist bloß, daß sie nach ihrer chemischen Zusammensetzung mit irdischen Gesteinen nicht verglichen werden können; es ist auch meines Wissens bisher niemandem eingefallen, das Gegenteil zu behaupten.

Die Meinung Weinschenks, „daß auch die hochentwickelte moderne Glasindustrie solche Gebilde (wie die Oberkaunitzer Glaskugeln) wohl kaum hervorbringen könnte“, wird durch die hier mitgeteilten Analysen moderner Gläser widerlegt. Aber auch die antiken Gläser halten sich durchaus nicht immer in den von

Fehling (Handwörterbuch der Chemie) mitgeteilten und von Weinschenk in seiner neuesten Publikation (S. 239) reproduzierten Grenzwerten „normaler“ Gläser. Schon bei der von Weinschenk analysierten römischen Glaskugel von Regensburg liegt der Kalkgehalt, wie Weinschenk selbst sagt, „etwas außer der Reihe“, denn er beträgt 12·85% gegen das von Fehling mit 8·56% angegebene Maximum. Das von Geuther (Jahresber. d. chem. Techn., 1856, S. 166) analysierte, durch das Vorhandensein einer Zersetzungsrinde ausgezeichnete römische Glas enthielt bloß 59·2% SiO_2 — also um 5% weniger als das von Fehling angegebene Minimum (64·25%), während der Gehalt an Tonerde nur wenig geringer (5·6%) ist als bei der Oberkaunitzer Kugel. Es kommen eben außer „normalen“ Gläsern auch sehr häufig abnormale vor; leider ist, wie bereits einmal bemerkt wurde, die Zahl der vorhandenen Analysen älterer Gläser eine sehr geringe, und die Zusammensetzung sicher prähistorischer Gläser aus mitteleuropäischen Fundgebieten ist uns sogar bis heute so gut wie ganz unbekannt. Bei den Glaskugeln von Oberkaunitz deutet die chemische Zusammensetzung viel mehr auf die neuere Zeit als auf die prähistorischen Kulturepochen.

Da Prof. Weinschenk in seiner neuesten Publikation auf die Rindenbildung der fraglichen Glaskugeln kein so großes Gewicht wie früher zu legen scheint, hingegen der chemischen Zusammensetzung eine besondere Bedeutung beilegt, so habe ich die Glasmasse des bereits erwähnten Fragments eines wahrscheinlich venezianischen Bechers, dessen Oberfläche stellenweise mit einer Rinde bedeckt erscheint, die der Rindenschicht der Kuttenberger Kugeln durchaus entspricht, einer chemischen Analyse unterzogen. Ich habe die üblichen Methoden angewendet und mit tunlichster Sorgfalt gearbeitet, so daß gröbere Fehler jedenfalls ausgeschlossen sind. Bloß der Gehalt an Tonerde und Eisenoxyd ist wohl als etwas zu niedrig anzunehmen, da infolge einer unvollständigen Oxydation nicht der gesamte Eisengehalt ausgefällt wurde. Derselbe wurde zwar durch Titration mit 1·57% bestimmt, doch läßt sich diese Zahl zur Berechnung des Tonerdegehaltes aus der zu klein gefundenen Gesamtmenge von $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ natürlich nicht benutzen. Der verhältnismäßig hohe Mangengehalt verriet sich schon durch die intensive Färbung der beim Aufschließen mit Alkalikarbonat erhaltenen Schmelze.

Ich setze hier des Vergleiches wegen neben die Resultate der von mir ausgeführten Analyse (I) die von Weinschenk für die von ihm untersuchte Glaskugel von Oberkaunitz gefundenen, bereits früher mitgeteilten Werte (II):

	I.	II.
SiO ₂	46·00 ⁰ / ₀	45·67 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	6·20 „	7·56 „ ¹⁾
MnO	2·60 „	1·10 „
CaO	27·00 „	27·49 „
MgO	3·58 „	2·60 „
Alkalien (Differenz)	14·62 „	15·58 „
	100·00 ⁰ / ₀	100·00 ⁰ / ₀

Es ist selbstverständlich nur ein Zufall, daß die beiden Glasflüsse eine so bedeutende Übereinstimmung in ihrer chemischen Zusammensetzung aufweisen. Da jedoch, wie ich bereits bemerkt habe, größere Analysenfehler ausgeschlossen sind, so kann diese Übereinstimmung nicht in Abrede gestellt werden. Für mich liegt in dieser Tatsache durchaus nichts Überraschendes, da ich von vornherein davon überzeugt war, daß ein Glas, welches besondere Zersetzungserscheinungen (Rindenbildung) aufweist, auch eine chemische Zusammensetzung besitzen wird, welche von der Zusammensetzung „normaler“ Gläser abweicht. Die Art der Zersetzung des betreffenden Glases wird natürlich auch von den auf dasselbe einwirkenden Agentien abhängen, so daß ähnlich zusammengesetzte alte Gläser nicht notwendigerweise dieselben Zersetzungserscheinungen zeigen müßen. Speziell die Rindenbildung scheint zumeist wesentlich mit einer Verminderung des Alkaligehaltes, einer relativen Anreicherung der Kieselsäure und Aufnahme von Wasser verbunden zu sein. Ich fand in der Rindensubstanz des untersuchten Glasbecherfragments 62·28⁰/₀ SiO₂, bezogen auf die ungeglühte Substanz; nach einviertelstündigem Glühen über der Gebläseflamme des Teklubrenners färbte sich die gepulverte Rindensubstanz etwas rötlich und sinterte ein wenig zusammen, ohne zu schmelzen. Durch das Glühen erlitt sie einen Gewichtsverlust von 21·91⁰/₀, ein Beweis, daß bei der Bildung der Zersetzungsrinde offenbar auch eine beträchtliche Wasseraufnahme stattfindet, denn um

¹⁾ Zum Zwecke des Vergleiches aus Weinschenks Angaben berechnet.

andere flüchtige Substanzen kann es sich — geringe Mengen organischer Stoffe ausgenommen — nicht wohl handeln. Die Rinde des bereits erwähnten, von Geuther analysierten römischen Glases erwies sich als völlig alkalifrei, enthielt dagegen 19·3% Wasser, also fast so viel wie die von mir untersuchte Rindensubstanz; der Kieselsäuregehalt war hingegen geringer (48·8%) als in der unveränderten Glasmasse (59·2%).

Es steht sonach unzweifelhaft fest, daß es künstliche Gläser gibt, welche einerseits genau dieselbe Rindenbildung zeigen wie die Kuttenberger Glaskugeln, andererseits eine ganz analoge chemische Zusammensetzung besitzen wie die Glasmasse der Kugeln von Oberkaunitz. Zum Überfluß kommen an den fraglichen Glaskugeln, wie Weinschenk selbst (Zentralbl. f. Min. usw., 1911, S. 237) bemerkt, öfter Andeutungen von „Ansatzzapfen“ vor, ein Merkmal, welches ihnen nicht von der Natur, sondern nur von der *ars vitraria* aufgeprägt werden konnte.

„Es sind der Rätsel zu viele,“ sagt Weinschenk im Hinblick auf die beträchtlichen Differenzen zwischen den von ihm untersuchten Glaskörpern. Diese Rätsel bestehen allerdings, aber nur so lange, als man alle diese Glaskugeln durchaus zu Tektiten machen will. Wie aus meinen Ausführungen hervorgeht, gibt es jedoch nicht einen einzigen triftigen Grund, der uns zwingen würde, den fraglichen Glaskugeln einen kosmischen Ursprung zuzuschreiben, während sich andererseits gegen die Deutung derselben als künstliche Gläser kein stichhaltiger Einwand erheben läßt. Die Diskussion über Weinschenks „neue Typen der Moldavite“ kann also ohne weiters als abgeschlossen betrachtet werden.

