

## Zum Vergleich der Moldavite mit der Bunten Breccie im Ries

von

E. Preuss und A. Sassenscheidt <sup>x)</sup>

*Inhalt:* Die Moldavite, die in Böhmen und Mähren gefunden werden, und die mesozoischen Sedimentschichten im Ries (Nördlinger Ries/Süddeutschland) haben eine ähnliche chemische Zusammensetzung. Deshalb ist es möglich, daß die Moldavite, die zur gleichen Zeit vor 14,8 Mill. Jahren, wie der Meteoritenkrater des Rieses gebildet wurden, aus diesen Sedimentschichten entstanden. Dieses wird an neuen Analysen der Bunten Breccie und des Suevites von Otting b. Wemding und aus der Kernbohrung Wörnitzostheim 1 geprüft.

Hellgrüne bis bräunliche, zuerst in Böhmen und Mähren, dann auch in Billiton, Australien, Hinterindien, Borneo, Philippinen sowie an der Elfenbeinküste und in Texas gefundene Gläser werden in ihrer Gesamtheit als „Tektite“ bezeichnet und im einzelnen nach ihren Fundorten benannt. Ihre Entstehung ist umstritten: Mit Sicherheit sind es keine vulkanischen oder künstlichen Gläser.

Die verschiedenen Fundgebiete können mittels der Altersbestimmungen (GENTNER) eingeteilt werden:

- |                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1) Fundgebiet Indochina-Australien    | Alter: 0,7 Mill. Jahre  |
| 2) Fundgebiet Elfenbeinküste (Afrika) | Alter: 1.3 Mill. Jahre  |
| 3) Fundgebiet Böhmen-Mähren           | Alter: 14,6 Mill. Jahre |
| 4) Fundgebiet Nordamerika             | Alter: 34 Mill. Jahre.  |

Die Moldavite in Böhmen und Mähren erreichen bis zu einigen cm Größe. Charakteristisch ist ihre meist flache Form mit einer zu Näpfchen und Furchen ausgewitterten Oberfläche. Im Schliff zeigen die Moldavite starke Schlierigkeit, kleinste langgezogene Glaseinschlüsse und im polarisierten Licht kleinere und größere Spannungsbereiche. Die nicht selten Blasen sind meist auffällig ebenmäßig rund.

Die chemische Zusammensetzung zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit irdischen Gesteinen (PREUSS 1935, CHERRY u. TAYLOR 1961). Charakteristisch ist das Überwiegen von Kalium über Natrium, der sehr geringe Wassergehalt sowie die Reduktion zu 2-wertigem Eisen. Das Mittel aller älteren und der kürzlich bekanntgegebenen neuesten Analysen (PHILPOTTS u. PINSON JR. 1966) ist in Tab. 1 unter A 1 und A 2 zusammengestellt.

G. LINCK hat 1928 auf die K-Vormacht der Moldavite ( $K_2O : Na_2O = 6 : 1$  bis  $8 : 1$ ) hingewiesen und diese als Folge einer wässrigen Differentiation erklärt. Da er die Moldavite vom Mond herleiten wollte, besagte diese K-Vormacht für ihn, daß der Mond möglicherweise eine Zeit gehabt hat, in der eine wässrige Differentiation

<sup>x)</sup> Prof. Dr. Ekkehard Preuss, Staatliches Forschungsinstitut für angewandte Mineralogie bei der TH München, 84 Regensburg, Kumpfmühler Str. 2.  
Dr. A. Sassenscheidt, Märker Zementwerke GmbH, 8856 Harburg/über Donauwörth.

möglich war, d. h. Gesteine mit K-Vormacht ähnlich den irdischen Sedimentgesteinen gebildet werden konnten. SPENCER (1933) erklärte die Entstehung der Tektite durch einen Meteoriteneinschlag auf der Erde. Hierfür gab er als Beispiele den bekannten Meteorokrater in Arizona und die Meteorokrater in Arabien und Australien an. Bei diesen Kratern wurden Schmelzprodukte der irdischen Gesteine, die sich durch die deutlich höheren Nickel-Gehalte auszeichneten, zusammen mit der meteoritischen Materie gefunden. Diese höheren Nickel-Gehalte fehlen im allgemeinen in den Tektiten, vor allem in den Moldaviten. Nur in Billitoniten und Borneoiten konnte PREUSS (1935) relativ hohe Nickel- und Chrom-Gehalte nachweisen.

Das Problem der Moldavitentstehung erfuhr durch GENTNER und seine Mitarbeiter einen neuen entscheidenden Anstoß. Sie bewiesen die Altersgleichheit mit dem Riesereignis, d. h. mit der Bildung des Nördlinger Rieses durch einen Meteoriteneinschlag. Dieser Beweis sagt aber nicht, daß das Material der Moldavite aus Gesteinen des Rieses gebildet sein muß. *Ohne* diesen Beweis der Altersgleichheit ist es kaum möglich, einen irgendwie gearteten Zusammenhang zwischen den Moldaviten in Böhmen und dem Riesereignis zu vermuten oder gar zu begründen. *Mit* diesem Beweis dagegen muß man als erstes versuchen, den Chemismus (bzw. die vermutlichen Ausgangsmaterialien) der Moldavite mit den Gesteinen im Ries in Verbindung zu bringen.

Der Vergleich der Moldavite mit den Glasanteilen im Suevit, der überwiegend aus den kristallinen Gesteinen des Ries-Untergrundes gebildet ist, zeigt keinen Zusammenhang (v. ENGELHARDT u. HÖRZ 1965). Trotzdem wurde mehrfach diskutiert, wie man das Moldavitmaterial aus dem Suevit ableiten könnte und dafür auch verschiedene Prozesse erwogen: (1) durch selektive Verdampfung bestimmter Anteile, (2) durch größere Zähigkeit der kieselsäurereichen Schmelzen, die deshalb besser zusammenhalten, (3) durch schnellere Verwitterung der kieselsäurärmeren Gläser, (4) durch leichtere Einschmelzung der sauren Mineralien eines Gesteines durch die Schockwelle beim Impact, (5) durch Phasentrennung in verschieden zusammengesetzte Schmelzen, (6) durch Änderung der Zusammensetzung beim Verdampfen und Kondensieren.

Das Moldavitmaterial muß aber auch mit den Schichten des Ries-Mesozoikums verglichen werden, die seinerzeit im Zentrum des Rieses zu oberst lagen und zuerst beim Einschlag des (oder der) Meteoriten getroffen wurden (PREUSS 1965). Das Mesozoikum umfaßt etwa 70 m oberer Keuper, 50 m Lisas, 150 m Dogger, 40 m Malm Alpha und bis zu 250 m Malm Beta bis Zeta. Der petrographische Inhalt der Schichten kann auf 3 Anteile aufgeteilt werden, nämlich Sandsteine, Tone und Kalke, welche in den Schichten teils eng vermischt, teils deutlich getrennt sind. Eine Durchschnittsmischung aller dieser Gesteine hat aber auf jeden Fall einen erheblichen Kalk-Gehalt, auch wenn man die Schichten des Malm nicht oder nur teilweise einrechnet, weil sie vielleicht infolge einer südlicheren Lage des Albtraufs seinerzeit im Zentrum des Rieses fehlten.

Diese zum Vergleich gesuchte Durchschnittsmischung aller Sedimentschichten ist beim Riesereignis gebildet worden. Es ist die Bunte Breccie, in der alle Schichten beim Auswurf durch den Meteoriteneinschlag großzügig zusammengemischt worden sind. In unserem ersten Versuch wurden deshalb von der Bunten Breccie in Otting (westl. Wemding; Bruch der Märker Zementwerke GmbH) zweimal Proben genommen und analysiert (Tab. 1, A 3 und A 4).

Die Bunte Breccie in Otting ist deshalb für diesen Vergleich geeignet, weil sie weit vom Ries entfernt ist (so daß man mit guter Zerkleinerung und Durchmischung rechnen darf), weil sie unter dem Suevit liegt (also nicht umgelagert ist) und weil sie im Osten in Richtung des vermuteten Fluges der Moldavite nach Böhmen liegt.

Da die beiden Proben relativ viel Kalk enthalten, wurden diese und alle folgenden Analysen der Bunten Breccie, des Suevites und der Moldavite umgerechnet. Die 6 Oxide  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  werden als „Hauptoxide“ (= HO) auf 100 aufgerechnet (Tab. 2). Der CaO-Gehalt bleibt also außer Betracht, da CaO fast nur als reines Kaliziumkarbonat in den mesozoischen Schichten vorliegt. Die Umrechnung der beiden Analysen der Bunten Breccie von Otting (Tab. 2, HO 3 und HO 4) zeigt dann die sehr gute Übereinstimmung der Hauptoxide.

Für diesen Vergleich wurden auch die mesozoischen Trümmersmassen aus der Kernbohrung Wörnitzostheim 1 (Herbst 1965) analysiert. Diese Bohrung durchteuft Trümmersmassen, die von 101 m bis 180 m nur wenig gemischte, meist viele m mächtige, einheitliche Keuper- und Dogger-Schichten umfassen. Die Bohrkerne wurden entsprechend der äußeren petrographischen Beschaffenheit in 3 Abschnitten bemustert: Der oberer Abschnitt von 10 m ist vor allem sandig, der mittlere von 30 m tonig und der untere von 40 m tonig-mergelig. Es wurden von jedem Meter des Kernes 3 kleine Proben genommen und zusammengegeben. Die Analysen sind also nicht für den Durchschnitt aller mesozoischen Schichten repräsentativ, sondern nur für die durchteuften Anteile. Der Vergleich der 3 Analysen HO 5 bis HO 7 mit HO 3 und HO 4 zeigt aber trotz aller Unterschiede das gleiche charakteristische  $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ -Verhältnis.

Für den Vergleich mit dem Suevit (nicht mit dem Suevitglas!) wurden einige neue Analysen angefertigt. In A 8 und A 9 wurden etwa 1 m aus der oberen und 1 m aus der unteren Partie des Suevites der 15 m hohen Abbauwand in Otting miteinander verglichen. Ob die geringen Unterschiede im  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - und  $\text{MgO}$ -Gehalt gesichert oder zufällig sind, kann noch nicht entschieden werden. Die Analyse A 10 der obersten, als Verwitterungszone anzusprechenden Suevitlage zeigt etwas höheren Kalkgehalt (sekundär?), aber in den umgerechneten Hauptoxiden HO 10 keinen Unterschied zu HO 8 und HO 9.

Vom Suevit der Bohrung Wörnitzostheim 1 wurden 5 Kernstücke von 10 bis 15 cm Länge, die keine groben Kristallineinschlüsse enthielten, analysiert (A 11 bis A 15). Auch hier zeigen die umgerechneten Hauptoxide (HO 11 bis HO 15) keine gesicherten Unterschiede, obwohl die oberste und unterste Probe nur wenig entfernt von der Hangend- und Liegendgrenze des hier 80 m mächtigen Suevites genommen wurde. Bemerkenswert ist auch hier der höhere, wohl sekundäre Kalk-Gehalt der obersten Probe. Außerdem ist der Alkali-Gehalt auffällig höher als in den Suevit-Analysen A 8 und A 9 von Otting.

Der Vergleich der 6 Hauptoxide des Mittels der Moldavite (HO 1 und HO 2) mit der Bunten Breccie (HO 3 und HO 4) zeigt eine gute Übereinstimmung. Besonders bemerkenswert ist die Übereinstimmung im Alkali-Gehalt und Alkali-Verhältnis, schlechter im  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalt. Noch besser erscheint die Übereinstimmung, wenn man versuchsweise zu der Bunten Breccie z. B. noch  $1/5 \text{SiO}_2$  rechnet, d. h. mit einer gewissen Berechtigung einen größeren Anteil an Quarzsand im Ausgangsmaterial annimmt (HO 4 Si).

Der Vergleich der Moldavite mit dem Suevit zeigt dagegen deutliche Unterschiede, auf die hier nicht eingegangen wird.

CaO wurde bei diesem Vergleich der 6 Hauptoxide der Moldavite und der Bunten Breccie nicht berücksichtigt. Vergleicht man nämlich die Gesamtanalysen der Moldavite (A 1 und A 2) und der Bunten Breccie (A 3 und A 4) und nicht die Hauptoxide, so ist die Übereinstimmung nicht mehr gegeben, da der Kalk-Gehalt in der Bunten Breccie sehr hoch ist gegenüber den Moldaviten. Wenn also das Moldavitmaterial aus dem Ries stammen sollte, so muß geklärt werden, wo der Kalk geblieben ist, der zu einem erheblichen Teil in fast allen mesozoischen Schichten vorkommt. Entweder ist das Fehlen des CaO (sowie des Wassers und die Reduktion zu FeO) ein Beweis gegen die Herkunft des Moldavitmaterials aus dem Ries oder es ist eine Erklärung notwendig, warum Kalk nicht in die Schmelze der Moldavite aufgenommen wurde.

Wir können also folgende Fälle unterscheiden:

- A) Der Kalk wurde in die Schmelze aufgenommen.
- B) Der Kalk wurde aus irgend einem Grunde nicht in die Schmelze aufgenommen, trotzdem er gleichzeitig zur Verfügung stand.
- C) Der Kalk fehlte von vornherein bei der Bildung der Schmelze.
- D) Die Ausgangsmaterialien stammen nicht aus dem Ries, sondern aus anderen Oberflächenschichten der Erde oder sind extraterrestrischen Ursprungs.

#### Zu Tabelle 1 und 2 mit Analysen A und Hauptoxiden HO

(Analysen A 3—A 15: Dr. Sassenscheidt)

1	Mittel der älteren Moldavitanalysen (nach v. ENGELHARDT u. HÖRZ 1965)
2	Mittel von 23 neuen Moldavitanalysen (von PHILPOTTS u. PINSON 1966)
3	Bunte Breccie, Otting b. Wemding. (Probe vom 11. 10. 1965)
4	„ „ „ „ (Probe vom 18. 10. 1965)
HO 4 Si	Mittel der Bunten Breccie von Otting + $\frac{1}{5}$ SiO <sub>2</sub>
5	Mesozoische Trümmernmassen (z. T. Bunte Breccie) Bohrung Wörnitzostheim I Teufe: 101,58 m — 110,80 m
6	„ „ „ „ Teufe: 111,00 m — 139,80 m
7	„ „ „ „ Teufe: 139,90 m — 180,50 m
8	Suevit, Otting b. Wemding. Obere Partie der Bruchwand
9	„ „ „ „ Untere Partie der Bruchwand
10	„ „ „ „ Oberste Verwitterungsdecke
11	Suevit, Bohrung Wörnitzostheim I. Teufe 22,30 — 22,35 m und 22,40 — 22,45 m
12	„ „ „ „ Teufe 41,80 — 41,90 m und 42,30 — 42,35 m
13	„ „ „ „ Teufe 62,50 — 62,53 m und 62,70 — 62,80 m
14	„ „ „ „ Teufe 76,20 — 76,30 m
15	„ „ „ „ Teufe 98,00 — 98,10 m

Tabelle 1 Analysen A der Moldavite, Bunten Breccie und Suevite

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	
SiO <sub>2</sub>	79,06	78,40	49,48	44,48	58,74	47,96	36,76	
TiO <sub>2</sub>	0,47	0,3						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,50	10,79	7,88	7,66	13,64	18,18	13,30	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,30	0,20	2,88	2,84	5,24	10,00	6,16	
FeO	1,75	1,62						
MgO	1,79	1,76	1,22	1,09	2,00	2,00	2,07	
CaO	2,19	2,60	18,69	21,74	6,15	4,62	14,05	
Na <sub>2</sub> O	0,58	0,47	0,42	0,44	0,50	0,45	0,45	
K <sub>2</sub> O	3,33	3,61	2,55	2,34	2,50	2,75	2,32	
SO <sub>3</sub>				0,22	1,20	1,18	2,36	
Gl. V.			17,05	19,54	10,02	13,06	22,60	
Summe	99,97	99,77	100,17	99,95	99,99	100,10	100,07	
(CO <sub>2</sub> )			13,96	16,86)				

  

	A 8	A 9	A 10	A 11	A 12	A 13	A 14	A 15
SiO <sub>2</sub>	62,90	62,40	61,15	50,40	66,62	62,66	66,26	62,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,02	14,80	14,43	11,96	15,00	13,86	15,14	15,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,78	6,34	4,97	4,48	5,04	5,68	4,96	4,55
MgO	2,64	3,29	2,68	1,46	1,05	1,62	1,83	2,44
CaO	3,58	3,41	5,60	14,90	4,36	5,73	3,35	4,02
Na <sub>2</sub> O	1,50	1,70	1,55	1,53	2,90	2,72	2,94	2,25
K <sub>2</sub> O	2,50	2,35	2,25	2,13	3,30	4,10	4,20	2,75
SO <sub>3</sub>	Sp	Sp	0,13	0,34	0,29	0,25	0,19	0,25
Gl. V.	7,05	5,81	6,57	12,68	1,29	3,14	1,21	5,42
Summe	99,97	100,10	99,33	99,88	99,85	99,76	100,08	99,75

Tabelle 2 6 Hauptoxide HO (ohne CaO) für Moldavite, Bunte Breccie und Suevite auf 100 aufgerechnet

	HO 1	HO 2	HO 3	HO 4	HO 4 Si	HO 5	HO 6	HO 7
SiO <sub>2</sub>	81,0	80,6	76,8	76,1	80,4	71,1	59,0	60,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,8	11,1	12,2	12,4	10,3	16,5	22,3	21,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,4	2,3	4,5	4,85	3,8	6,4	12,3	10,1
MgO	1,8	1,8	1,9	1,9	1,6	2,4	2,45	3,4
Na <sub>2</sub> O	0,6	0,5	0,65	0,75	0,6	0,6	2,55	0,7
K <sub>2</sub> O	3,4	3,7	3,95	4,0	3,3	3,0	3,4	3,8
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100

  

	HO 8	HO 9	HO 10	HO 11	HO 12	HO 13	HO 14	HO 15
SiO <sub>2</sub>	70,4	68,6	70,2	70,1	70,9	69,1	69,5	69,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,8	16,3	16,5	16,6	16,0	15,3	15,9	16,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,3	7,0	5,7	6,2	5,4	6,3	5,2	5,1
MgO	3,0	3,6	3,1	2,0	1,1	1,8	1,9	2,7
Na <sub>2</sub> O	1,7	1,9	1,8	2,1	3,1	3,0	3,1	2,5
K <sub>2</sub> O	2,8	2,6	2,7	3,0	3,5	4,5	4,4	3,1
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100

Im Falle A) kann der Kalk nicht durch fraktionierte Verdampfung beseitigt sein. Es bleibt dann z. B. nur die Möglichkeit, daß die CaO-reichen Gläser durch die Verwitterung zerstört wurden und nur die kalkarmen und kieselsäurereicheren Gläser erhalten blieben.

Im Falle B) könnte man vermuten: Das Ausgangsmaterial wird beim Impact komprimiert und dabei fein zerscheert und hoch erhitzt. Bei der folgenden Druckentlastung (Dilatation) verliert es schnell das gesamte Wasser (Moldavite sind wie alle Tektite fast wasserfrei), es gibt den Sauerstoff bis zur kräftig völligen Reduktion von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  zu FeO ab und es werden die Kalziumkarbonat-Teile bei der Druckentlastung durch die  $\text{CO}_2$ -Abgabe zu feinstem Nebel zerstäubt. Auf den Verlust auch eines Teiles der leichtflüchtigen Metalle, der mehrfachen angenommen wurde (PREUSS 1935), soll hier nicht eingegangen werden. Das feinzerteilte, entgaste und reduzierte silikatische Material sammelt sich in der nächsten Phase möglicherweise noch zu größeren Schmelztropfen, ohne daß dabei das feiner zerstäubte CaO mit aufgenommen wird — vielleicht wegen mangelnder Benetzbarkeit. Es wird also eine Trennung der CaO-armen Silikatschmelze von einem ausschließlich oder überwiegend CaO-enthaltenden feiner zerteilten Material angenommen. Dann folgt noch im flüssigen Zustand eine Zeit der Ruhe, so daß die typischen runden Bläschen von den letzten eingeschlossenen Wasser- und Luftresten entwickelt werden konnten.

Im Falle C): Es besteht kein zwingender Grund für die Annahme, daß die Zusammensetzung der Moldavite in jedem Stück der Durchschnittszusammensetzung aller, mehrere 100 m mächtigen mesozoischen Sedimentschichten entsprechen müßte, d. h. in jedem Falle der unter Fall B) genannte oder ein ähnlicher Vorgang wirksam sein müßte, um das überschüssige CaO von der Schmelze abzutrennen.

Es darf nach den Überlegungen von DAVID (1966) angenommen werden, daß (1) die Durchmischung der einzelnen Moldavittropfen auf Grund der bestehen gebliebenen Schlierenstruktur nur für kleinere Bereiche (Größenordnung Dezimeter) vollständig war und (2) keineswegs die gesamte Schichtmächtigkeit des Mesozoikums zu dem speziellen Bildungs- und Auswurfmechanismus der Moldavite beigetragen haben muß. Es ist deshalb möglich, daß nur geringe Schichtpakete, die dann zufällig relativ wenig CaO enthielten, also bevorzugt Sandsteine, das Material für die Bildung der Moldavite geliefert haben, deren Gesamtmasse übrigens sehr niedrig, auf höchstens einige 100 t, eingeschätzt wird (WEISKIRCHNER 1966).

Im Falle D): Erst wenn die vorstehenden Möglichkeiten widerlegt werden können, sollte man das Ursprungsmaterial in anderen Gebieten auf der Erde suchen. Bisher scheint uns hierzu — immer auf Grund des durch die Altergleichheit gegebenen Zusammenhanges mit dem Ries — kein zwingender Anlaß zu bestehen.

Von den angegebenen Erklärungsmöglichkeiten erscheint uns eine Kombination von B) und C) am plausibelsten. Wir prüfen sie deshalb durch weitere Analysen der Haupt- und Spurenelemente in entsprechenden mesozoischen Gesteinspartien, ehe zu den im Schrifttum vorgebrachten Überlegungen Stellung genommen werden kann.

Wenn die hier angenommene Mischung aus sedimentären Schichten (Sandsteine und Tone,  $\pm$  Kalk) zutrifft, werden sich auch die Korrelationen der verschiedenen Elemente in den Moldaviten besser deuten lassen. Es wäre dann verständlich, daß PHILPOTTS und PINSON Jr (1966) z. B. nicht die Korrelation finden, die sie für eine Folge saurer Eruptivgesteine als Ausgangsmaterial der Moldavite erwarten.

*Zusammenfassung*

Mit vorstehenden Überlegungen kann die Herkunft des Materials der Moldavite aus den mesozoischen Schichten des Rieses durch den Vergleich der 6 Hauptoxide mit Analysen der Bunten Breccie wahrscheinlich gemacht werden. Ein zweifelsfreier Beweis ist noch nicht möglich, da verschiedene Hilfsannahmen über das Fehlen des CaO-Gehaltes nicht bewiesen sind und da ein Vergleich mit allen einzelnen Schichtpaketen erst noch durchgeführt wird.

Die Verfasser danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, für die gewährte Unterstützung und der Märker Zementwerk GmbH. für die Durchführung der Analysen.

**Literatur**

- Chao, E. C. T.* 1963: The petrographic and chemical characteristics of Tektites. — „Tektites“ Univ. of Chicago, p. 51—94.
- Cherry, R. D. and S. R. Taylor* 1961: Studies of tektite composition II. (Derivation from a quartz-shale mixture). — *Geochim. Cosmochim. A.* 22, 164 — 168.
- David, E.* 1966: Meteorite impacts and the ejection mechanism of tektites. — *Earth and planetary science letters* 1, 75 — 76, Amsterdam.
- 1966: Ablauf eines Großmeteoriteneinschlags und Tektitenfluges. — Vortrag am 2. 5. 1966 auf dem Symposium über Geochemie in Nördlingen. — *Fortschr. Mineral.* (im Druck).
- 1966: Großmeteoriteneinschläge und Tektite. — *Zs. Geophysik* (im Druck).
- Ehmann, W. D.* 1960: Nickel in tektites by activation analysis. — *Geochim. Cosmochim. A.* 19, 149 — 155.
- v. Engelhardt, W. und Hörz, F.* 1965: Riesgläser und Moldavite. — *Geochim. Cosmochim. A.* 29, 609—620.
- Faul, H.* 1966: Tektites are terrestrial (Age determination link the origin of some tektites to specific impact craters on the earth's surface). — *Science* 152, 1341 — 1345.
- Gentner, W., Lippolt, H. J. und Schaeffer, O. A.* 1963: Das Kalium-Argon-Alter der Gläser des Nördlinger Rieses und der böhmisch-mährischen Tektite. — *Geochim. Cosmochim. A.* 27, 191 — 200.
- Gentner, W.* 1964: Das Rätseln um die Herkunft der Tektite. — *Jb. 1964 d. Max-Planck Ges.*, 90 — 106.
- 1966: Auf der Suche nach Kratergläsern, Tektiten und Meteoriten in Afrika. — *Naturwissenschaften* 53, 285 — 289.
- 1966: Physikalische und chemische Beziehungen zwischen Krater-Gläsern und Tektiten. — Vortrag am 2. 5. 1966 auf dem Symposium über Geochemie in Nördlingen. *Fortschr. Mineral.* (im Druck).
- Linck, G.* 1928: *Pers. Mitt.*
- Philpotts, J. A. und Pinson Jr., W. H.* 1966: New data on the chemical composition and origin of moldavites. — *Geochim. Cosmochim. A.* 30, 253 — 266.
- Preuss, E.* 1935: Spektralanalytische Untersuchungen der Tektite. — *Chem. Erde*, 9, 365 — 418.
- 1964: Das Ries und die Meteoritentheorie. — *Fortschr. Mineral.* 41, 271 — 312.
- 1965: Ein Tektit-artiger Glaskörper aus dem Suevit von Goldburghausen in Ries. — *N. Jb. Mineral. Mh.* 1965, 327 — 331.
- 1966: Kann der Chemismus der Moldavite vom Ries-Ereignis her erklärt werden? Vortrag am 2. 5. 1966 auf dem Symposium über Geochemie in Nördlingen. — *Fortschr. Mineral.* (im Druck).
- Spencer, L. T.* 1933: Origin of tektites. — *Nature* 131, 117; 132, 571.
- Weiskirchner, A.* 1966: Zur Petrographie moldavitführender Sedimente Südböhmens und Westmährens. Vortrag am 2. 5. 1966 auf dem Symposium über Geochemie in Nördlingen. — *Fortschr. Mineral.* (im Druck).

*Buchbesprechung:*

## Hugo Strunz, Mineralogische Tabellen.

Eine Klassifizierung der Mineralien auf kristallchemischer Grundlage. Mit einer Einführung in die Kristallchemie.

4. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Unter Mitarbeit von Dr. Ch. Tennyson. VIII + 560 Seiten, 94 Figuren, 1 Tafel.

Akademische Verlagsanstalt Geest und Portig KG., Leipzig 1966. Preis: DM 42,50.

BERZELIUS stellte 1824 (in LEONHARDs Zeitschrift für Mineralogie, dem jetzigen Neuen Jahrbuch für Mineralogie) erstmalig ein *chemisches* System der Mineralien auf, in welchem die Unterteilung nach dem elektronegativen Prinzip, also nach Anionen erfolgte. Er unterschied: I. *Nichtoxidierte Körper*, 1. Gedicene (also Elemente), 2. Sulfide, 3. Arsenide, 4. Stibnide, 5. Telluride, 6. Osmide, 7. Auride, 8. Hydrargyride; II. *Oxydierte Körper*, 1. Oxide und Hydroxide, 2. Sulfate, 3. Nitrate, 4. Muriate, 5. Phosphate, 6. Fluat und Fluosilicate, 7. Borate und Borosilicate, 8. Carbonate und Hydrocarbonate, 9. Arsenate, 10. Molydate, 11. Chromate, 12. Wolframate, 13. Tantalate, 14. Titanate, 15. Silicate und Silico-Titanate, 16. Aluminate.

DANA unterteilte 1854 ähnlich in I. Elemente, II. Sulfide, Arsenide etc., III. Halogenide, IV. Oxid-Verbindungen und V. Organische Verbindungen. Schließlich verwendeten GROTH und MIELEITNER in ihrer Tabellarischen Übersicht der Mineralien nach kristallographisch-chemischen Beziehungen (1921) folgende Einteilung: I. Metalle, nebst den wenigen natürlichen Legierungen, Carbiden, Phosphiden und Nitriden, II. Sulfide und Sulfosalze, III. Oxide und Hydroxide, IV. Halogenide, V. Carbonate, Nitrate, Jodate, Selenite, Tellurite, Manganite und Plumbite, VI. Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate, Uranate, VII. Borate, Aluminate, Ferrate, VIII. Phosphate, Arsenate, Antimonate, Vanadate, Niobate und Tantalate, IX. Silicate, Titanate, Zirkonate, Thorate und Stannate.

Die 1912 einsetzende Bestimmung der Kristallstrukturen von Elementen und anorganischen Verbindungen war in kaum zwei Jahrzehnten soweit fortgeschritten, daß P. P. EWALD und C. HERMANN (1931) im Strukturbericht 1 der Zeitschrift für Kristallographie eine Einteilung (nicht nur der Mineralien!) nach *Strukturtypen* vornehmen konnten, und zwar in der Reihenfolge: A-Typen = Elemente, B-Typen = Verbindungen AB, C-Typen = Verbindungen AB<sub>2</sub>, D-Typen = Verbindungen A<sub>n</sub>B<sub>m</sub>, E-Typen = Verbindungen mit mehr als zwei Atomsorten ohne ausgesprochene Komplexbildung, F-Typen = Verbindungen mit 2- und 3-atomigem Radikal, G-Typen = Verbindungen mit 4-atomigem Radikal, H-Typen = Verbindungen mit 5- und mehratomigem Radikal, L = Legierungen, M = Mischkristalle.

H. STRUNZ versuchte in den Mineralogischen Tabellen (1941) das *chemische Prinzip* mit dem *Prinzip der Strukturtypen* zu vereinigen; zunächst wurde eine den Strukturereigenschaften angepaßte chemische Einteilung in neun Klassen mit jeweils mehreren Abteilungen aufgestellt; innerhalb der Abteilungen wurden Strukturen gleichen Typus zu *isotypen Reihen*, solche ähnlichen Typus zu *homöotypen Gruppen* zusammengefaßt. Die durch die Fülle der Publikationen zahlreicher Forscher immer besser erkennbaren Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Strukturtypen konnten zu Verbesserungen des Systems verwendet werden, so daß nunmehr (4. Auflage, 1966) ein *Kristallchemisches System der Mineralien* entstanden ist.

Ist bereits die erste Auflage (1941) als eine Tat bezeichnet worden, so haben die enormen Forschungsergebnisse der letzten 25 Jahre auf dem Gebiet der Strukturanalyse im vorliegenden Werk weitere Anwendung gefunden zur Schaffung eines immer mehr verbesserten natürlichen Systems der Mineralien.

Gegenüber der dritten Auflage (1957) erhöhte sich der Umfang um 100 Seiten, die Zahl der Abbildungen um 26; das Register enthält 6750 Namen von Mineralarten, Varietäten, Synonyma etc.; die Daten der Klassifikation (Name, Erstbeschreibung, Formel, Röntgendaten usw.) stützen sich auf mehr als 4000 Originalarbeiten, die alle voll zitiert erscheinen.

Das Buch wendet sich an den Kristallographen und Mineralogen, Strukturphysiker und Chemiker, Petrographen, Geologen, Technologen usw.

Der neue „Strunz“ wird nicht nur dem Fachwissenschaftler, sondern auch dem Studenten und selbst dem Liebhaber und Sammler eine wertvolle und unentbehrliche Hilfe sein, um sich über die Systematik der Mineralien zu orientieren. Dabei wird auch die fast 100 Seiten umfassende Einführung in die Kristallchemie und die speziellen Kristall-Strukturen willkommen sein.

E. P.