

## Wie gestaltet sich das Gesamtproblem der Meteoriten durch die Einreihung der Tektite unter die meteorischen Körper<sup>1</sup>.

VON FRANZ ED. SUESS, Wien.

Es sei zunächst daran erinnert, daß der Name *Tektite* im Jahre 1900 geschaffen worden ist (8), um eine eigenartige Gruppe von Gläsern zu benennen, die nach ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit, sowie auch wegen der Art ihres Vorkommens eine sehr bestimmt und eindeutig gekennzeichnete Gruppe von Naturkörpern darstellen. Sie finden sich nur in Form von frei liegend über große Flächen hin ausgestreuten Stücken, die selten mehr als Eigröße erreichen. Sie bestehen aus vollkommen klarem, mit brauner bis grünlicher Farbe mehr oder weniger durchscheinendem, sehr silikatreichem Glase, das bei ziemlich hohem Gehalte an Tonerde, insbesondere durch die Mengenverhältnisse von Alkalien und Kalk, bei verhältnismäßig hohem Gehalt an Magnesia sehr bestimmt unterschieden ist von den irdischen, vulkanischen Gläsern. Die Art des Vorkommens und die besondere Stoffmischung bildeten die wesentlichen Gründe für die Annahme eines *kosmischen Ursprunges* der Tektite und für ihre Deutung als *Glasmeteoriten*, die als eine neue Gruppe den früher bekanntesten meteorischen Körpern, den Steinen und Eisen, anzuschließen seien.

Der Name war zunächst auf die drei damals bekannten Vorkommen gegründet: die *Moldavite*, vom Süden der böhmischen Masse, die *Billitonite*, von der Zinninsel Billiton und von anderen Stellen des malaiischen Archipels und von der Halbinsel Malaka, und die *Australite*, die über die ganze Länge des australischen Kontinentes verstreut sind. Später ist noch ein örtlich beschränktes Vorkommen am Mount Darwin bei Queenstown in Tasmanien dazugekommen. Da der vorgeschlagene Name „Queenstownite“ schon anderwärts vergeben ist, nennen die australischen Kollegen das Vorkommen „*Darwin Glass*“ (3). Von ferner noch gemeldeten, aber zweifelhaften Vorkommen und Pseudotektiten wird hier abgesehen<sup>2</sup>.

ALFRED LACROIX hat vor kurzem über ein neues durch ihn erschlossenes Tektitgebiet ausführlichen Bericht erstattet. Die Fundorte sind über ganz *Indochina* hin ausgebreitet, über eine Längenerstreckung von 1200 km in nordsüdlicher Richtung, und sie dürften quer über den Meeresbusen von Cambodge mit den vereinzelt Fund-

punkten des malaiischen Archipels und der Philippinen zu verbinden sein (5).

Die umfassende und mit trefflichen Tafeln ausgestattete Abhandlung von LACROIX enthält eine vollständige Übersicht über die Tektitfrage in allen ihren Beziehungen und die entschiedene Stellungnahme des berühmten Forschers zugunsten der kosmischen Abstammung der Tektite wird dazu beitragen, daß die Tektitfrage auch bei den Astronomen allgemeiner bekannt und mehr gewürdigt wird, als dies bisher geschehen ist. Der gewaltige Zuwachs an Beobachtungstoff verändert bedeutungsvoll das bisherige Bild von der Verbreitung und Formenmannigfaltigkeit der Tektite und regt an zur neuerlichen Prüfung der Besonderheiten der Tektitfrage, namentlich in ihrem Bezuge zur Herkunft der meteorischen Körper überhaupt<sup>1</sup>.

Die indochinesischen Gläser sind im auffallenden Lichte tiefschwarz, und durchfallendes Licht erhellt nur die ausdünnenden Kanten mit bräunlichem Schimmer. Sie gleichen hierin den Vorkommen Australiens und Malaisiens und bleiben damit aufs bestimmteste unterschieden von den stets

<sup>1</sup> L. I. SPENCER [Nature 131, 117 (1933) u. Comptes rendus Paris 196, 710] sucht die Entstehung der Tektite auf andere Weise zu erklären. Er glaubt sie den Silicagläsern anschließen zu können, deren Entstehung durch Aufschmelzen der beim Niedersturze großer meteorischer Massen erhitzten Gesteine in einigen Fällen als erwiesen gelten kann. In einer Reihe von sehr bemerkenswerten Arbeiten machte er es glaubhaft, daß die bekannten meteorischen Kratere (in Arabien, Arizona, Australien, Texas, Estland und Sibirien) durch Explosion der im Aufprall bis zum Kochen erhitzten Gesteinsmassen entstanden seien. [Meteoritic iron and silica-glass from the meteoric craters of Henbury (Central-Australia) and Wabar (Arabia), Mineral. Magazin, London 23, 387 (1933).] Ich habe seinerzeit die Darwin-Gläser wegen des Mangels einer anderen Erklärungsmöglichkeit den Tektiten angeschlossen (9, S. 110) und ich halte es für nicht unwahrscheinlich, daß sich für sie bei genauerer Untersuchung des Fundgebietes die von SPENCER gegebene Erklärung bewähren wird. Dafür sprechen die Schlackenketzen ähnlichen, strickartig gezerrten, oft tropfenförmigen Gestalten der stets kleinen Stücke und die besonders siliziumreiche, der eines Quarzsandsteins ähnliche, chemische Zusammensetzung des blasenreichen Glases. Dem Versuche, die ursprünglichen Klassen der Tektite und die von Indochina auf die gleiche Weise zu erklären, widerspricht u. a. deren gleichartige Ausbreitung über sehr große Gebiete, die über sehr verschiedenartigem Untergrunde stets gleichbleibende und sehr kennzeichnende, chemische Zusammensetzung, sowie die Größe vieler Stücke und die Reinheit des zumeist kompakten Glases.

<sup>2</sup> Ausführlicher in dem Aufsätze: Zur Beleuchtung des Meteoritenproblems. (Mit Bezug auf das durch A. LACROIX erschlossene indo-chinesische Tektitgebiet.) Mitt. d. geol. Ges. Wien 1932, 115—143.

<sup>3</sup> Über einen angeblichen Tektiten aus Peru [C. LINCK, Chemie der Erde 2, 157 (1926)] wird sich demnächst H. MICHEL äußern.

hell und klar durchsichtigen, hellgrünen bis hellbraunen Moldaviten. Daraus ist zu schließen, daß die durch die Analysen einzelner Stücke angezeigten Unterschiede der chemischen Zusammensetzung auf die gesamten Glasmassen der europäischen und der außereuropäischen Fundgebiete auszudehnen sind. Der höhere Gehalt an Kieselsäure bedingt auch die sonstigen stofflichen Eigenschaften, mit denen die Moldavite so deutlich abrücken von den übrigen Tektiten.

Um so bemerkenswerter ist die große Ähnlichkeit der *Gestalten* und der *Skulpturen* der indochinesischen Stücke mit denen der Moldavite; zumal die bisher bekannten außereuropäischen Tektite auch in dieser Hinsicht von den Moldaviten auffällig unterschieden waren. Zum guten Teile sind die indochinesischen Stücke durch die Korrosionsskulpturen weniger entstellt, so daß die ursprünglichen Gestalten der manchen vulkanischen Auswürflingen ähnlichen Fladen und Tropfen besser kenntlich bleiben und Schlüsse gestatten über deren Umformung beim Aufschlagen auf den festen Grund, über die Krümmung eines ausgezogenen Schweißes beim Erstarren des Restes u. a. Die Formverwandtschaft der chemisch und räumlich so weit voneinander geschiedenen Moldavite und Indochinite weist auf einen ähnlichen Zustand während des Absturzes in der Atmosphäre und gestattet die Vereinigung beider zu einer von den Australiten, den chemischen Verwandten der Indochinite wohl unterschiedenen Formengruppe. Die kreisrunden oder glockenschwengelförmigen Rotationsgestalten mit den Marken des Luftwiderstandes in Form des Rückstauwulstes und anderer Einzelheiten zeigen, daß die Australite nicht in Form zäher Fladen, sondern als recht dünnflüssige Tropfen von geringer Größe über die ganze Breite des australischen Kontinentes ausgestreut worden sind. (Näheres siehe 8, S. 60.)

Beispiele von Tektitanalysen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO <sub>2</sub>	80,52	71,64	70,58	70,30	70,62	86,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,44	12,53	13,23	12,77	13,48	7,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	0,10	0,53	0,85	0,63
FeO	1,98	5,32	5,08	5,43	4,44	2,08
MnO	0,09	0,10	0,13	0,13	0,42	—
MgO	1,73	2,79	1,92	3,74	2,42	0,92
CaO	1,84	3,42	3,92	2,37	3,09	0,95
Na <sub>2</sub> O	0,52	1,21	1,43	1,73	1,27	0,15
K <sub>2</sub> O	3,15	2,28	2,59	2,48	2,22	0,87
TiO <sub>2</sub>	0,72	0,98	0,99	0,50	0,90	0,52
H <sub>2</sub> O+	0,11	0,19	0,20	—	0,01	0,43
H <sub>2</sub> O—	0,05	Sp.	0,20	0,08	0,06	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	0,06	—	—
S <sub>2</sub>	—	—	—	0,08	—	—
BaO	—	—	—	0,01	—	—
	100,15	100,46	100,37	100,21	99,75	99,93

1. Moldavit, Radomilitz bei Budweis, M. RAOULT in LACROIX 1932.

2. Tektit, Rosarie, Philippinen, das.

3. Tektit, Insel Tanhai, Indochina, das.

4. Billitonit, Dendang Billiton, E. DITTLER, 1933.

5. Australit, Coolgardie, West-Australien, E. S. SIMPSON, 1912.

6. Darwin Glass, Mount Darwin, Tasmanien, G. A. AMPT., 1927.

Es ist auch sehr bemerkenswert, daß sich die von LACROIX bekanntgegebenen neuen Analysen indochinesischer und malaiischer Tektite *vollkommen harmonisch einfügen zwischen die bisher bekannten Analysen* von Australiten und Billitoniten und daß durch sie ein im Jahre 1914 hergestelltes, die Gauverwandtschaft der Tektite erläuterndes Differentiationsdiagramm in den wesentlichen Zügen nicht verändert wird (9, Taf. 1).

Ein durchgängiges Merkmal aller Tektitanalysen ist im Vergleiche zu irdischen Vulkaniten ein für die hohe Kieselsäurestufe recht bedeutender Gehalt an Tonerde und an Magnesia; vor allem aber verleiht das *Ansteigen des Kaliums mit dem Kalzium*, bei gleichzeitigem Zurücktreten des Natriums in den Differentiationsreihen, den Tektitanalysen ein sehr kennzeichnendes, man kann sagen *außerirdisches Gepräge*. SUMMERS hat bereits 1910 darauf hingewiesen und 1914 (9) sind diese Verhältnisse in einer *Dreiecksprojektion* zur Darstellung gebracht worden.

Der außerirdische Entstehungsbereich der Tektite vermag auch diesen Unterschied verständlich zu machen. Nach verbreiteter Annahme sind die irdischen sauren Magmen das Ergebnis einer umständlichen, durch die Wirkung der Schwere geleiteten *Kristallisationsdifferentiation*. Dabei geht die Hauptmasse des Magnesiums mit Eisen und Kalzium in die frühen Ausscheidungen. In der weiteren Kristallisation werden Kalzium und Natrium wegen der ähnlichen Ionenradien gemeinsam in die Mischkristalle der Plagioklasreihe abgezogen; während das Kalium in dem sauren Reste angereichert wird. Wenn — sowie sicherlich alle anderen Meteoriten — auch die Tektite einem kleinen Himmelskörper entstammen, so gab es dort kein wirksames Schwerefeld und überhaupt keine lange andauernde Kristallisationsdifferentiation und keinen Anlaß zu einer ähnlichen stöchiometrischen Gesetzmäßigkeit in der Stoffmischung. Von der durchaus anderen Entstehungsart der tektitischen, sauren Schmelze wird sogleich die Rede sein.

In mehrfacher Hinsicht bieten die Tektite Anlaß zur neuerlichen Erwägung einiger Hauptfragen der allgemeinen Meteoritenkunde. Hierher gehört zunächst die Sonderfrage, ob die chemisch so ähnlichen Vorkommen der weit auseinandergelegenen Fundgebiete verschiedenen, zeitlich voneinander getrennten Ereignissen oder einer einzigen, über ein Viertel des Erdumfangs hin ausgedehnten Absturzzone angehören? Die Australier EDGEWORTH DAVID, SUMMERS und AMPT (3) erwogen die zweite Möglichkeit mit dem Hinweise darauf, daß die Fundgebiete der Moldavite, der Billitonite, der Australite und der Darwin-Gläser auf einem größten

Kreise des Erdglobus gelegen sind. Mit der sehr bemerkenswerten Wahrnehmung, daß sich auch das indochinesische Gebiet in die gleiche Reihe einordnet, sah sich LACROIX veranlaßt, die Frage neuerdings aufzuwerfen; er wies aber auch darauf hin, daß die stratigraphische Gleichstellung der einzelnen Vorkommen keineswegs gesichert ist. Es kann diesbezüglich folgendes gesagt werden: Nach den Angaben der Australier (3) ist an dem spätglazialen Alter der Darwin-Gläser kaum zu zweifeln. Die über die Oberfläche ausgestreuten Australite können kaum älter sein als diluvial. Als altdiluvial gelten die Zinnseifen von Billiton mit den Billitoniten, und auf ältestes Diluvium weisen nach LACROIX auch die Lagerungsverhältnisse in Indochina. Die Moldavit führenden Schotter im Süden der böhmischen Masse können aber nach ihrer Lage über den gegenwärtigen Talböden nicht jünger sein als jungtertiär und gehören mit größerer Wahrscheinlichkeit in das Jungmiozän. Genauere Untersuchungen hierüber sind im Gange. Unter allen Meteoriten sind allein die silikatreichen Tektite imstande, einer durch längere Zeiträume der Erdgeschichte andauernden Verwitterung zu widerstehen. Wenn sie in entlegene geologische Vergangenheit zurückreichen, wird man berechtigt sein, das Fallen der Meteoriten nicht als eine vorübergehende Ausnahmeerscheinung der geologischen Gegenwart, sondern — mit größerer Wahrscheinlichkeit — als einen dem kosmischen oder planetarischen Systeme zugeordneten Dauer-vorgang aufzufassen.

Eine ergänzende Hypothese von H. MICHEL bringt die Tektite in verständliche Beziehung mit den Hauptgruppen der Meteoriten, mit denen sie ja nach ihrer stofflichen und strukturellen Beschaffenheit gar nichts gemein haben: mit den *meteorischen Steinen und Eisen*. MICHEL'S (6) Hypothese knüpft an die bekannten Darlegungen von W. A. WAHL (11), in denen gezeigt wird, daß die oft paradoxen Eigentümlichkeiten des Mineralbestandes der Meteoriten und die Verschiedenheit von dem Mineralbestande der irdischen Erstarungsgesteine vor allem bedingt ist durch das Fehlen von Wasser und dem Mangel an Sauerstoff. Die Meteoriten bringen unoxydierte, auf der Erde unbeständige Metallverbindungen, wie das Schwefelkalzium (Oldhamit), Schwefeleisen (Troilit) u. a.

MICHEL sagt: Wenn es Meteoriten gibt, in denen die vorhandene Menge von Sauerstoff noch unter solche Grenzfälle hinabgeht, so können sie die Erdoberfläche nicht erreichen; sie müssen in der irdischen Atmosphäre verbrennen. Als ein unverdampfter Rest kann ein Gehalt an oxydiertem Silizium zurückbleiben, und zwar in Form eines vollkommen durchgeschmolzenen Glases, das einen Auszug der verbrannten Metalle des Kernes aufgenommen hat. Je nach örtlichen Zufälligkeiten könnte eine solche Restschlacke zu dünnflüssigeren Tropfen, wie die Australite, oder zu zäheren Fladen, wie die Moldavite und die Indochiniten, zersprätzen.

Solche Erwägungen machen es wahrscheinlich, daß nur *eine schwer oder nicht oxydierbare Auslese von verschiedenen im Raume schwärmenden, meteorischen Körpern die Erdoberfläche erreicht*. So gewinnt auch durch die Tektite die Gesamtfrage nach der Herkunft der meteorischen Körper ein neues Licht. Der Ausgang und das Schwergewicht bleibt dabei natürlich bei dem, *was aus der Beschaffenheit der meteorischen Eisen und Steine zu entnehmen ist*.

DAUBRÉE (2) hat als erster die Meteoriten als Trümmer eines der Erde vergleichbaren Himmelskörpers aufgefaßt; die meteorischen Eisen sollen dem metallischen Kerne und die Steine der silikatischen Hülle entsprechen, und in den neueren geophysikalischen Ableitungen über den Aufbau des Erdkörpers wird zumeist auch auf diesen Vergleich Bezug genommen. Aber der Vergleich gilt nur mit nicht unwesentlichen und sehr bestimmten Einschränkungen; denn der oder die Himmelskörper, die in meteorische Trümmer zerfallen sind, waren sicherlich viel kleiner als die kleinen Planeten unseres Systemes. Auf einen kleinen Himmelskörper weist schon das Fehlen des Wassers in den Meteoriten und ihr geringer Oxydationsgrad. Noch nicht eindeutig klargelegt ist die Entstehung der verbreitetsten Strukturformen der Steinmeteoriten, der radialstrahlig kristallinen Kugeln, die als Chondren bezeichnet werden. Darüber herrscht aber wohl keine Meinungsverschiedenheit, daß die Chondren aus einem Glase, das ist aus einer rasch erstarrten Schmelze abgeschieden worden sind, daß ihr Bildungsbereich *nahe der Oberfläche eines Himmelskörpers* gelegen war. Auch die Strukturen der den basaltischen Laven ähnlichen Eukrite unter den Meteoriten benötigen keine beträchtliche Tiefe der Erstarrung. Das gleiche gilt für die beiden anderen Gefügearten der Steinmeteoriten, der häufigen brecciösen Zertrümmerung und den Anzeichen einer neuerlichen Erwärmung nach der Kristallisation, der sog. Thermometamorphose. Sie weisen auf plötzliche Zustandsänderungen, wie sie in den Bereichen gleichmäßiger Temperatur und gleichmäßigen Druckes im Innern einer planetarischen Masse nicht geschehen sein konnten.

Es wurde insbesondere von V. M. GOLDSCHMIDT (4) darauf hingewiesen, daß die Pallasite mit den in Nickeleisen eingeschlossenen Olivinknollen nicht in einem stark wirksamen Schwerefeld und somit nicht auf einem Weltkörper von planetarischer Größe entstehen konnten. Das Vorkommen von saueren Tiefengesteinen von der Art der Granite, die eine Kristallisationsdifferentiation durch Saignerung im Schwerefeld bei Gegenwart fluider Stoffe voraussetzen, wäre nicht möglich in dem wohl erkennbaren Bildungsbereiche der Meteoriten.

Nur kurz sei noch darauf hingewiesen, daß auch die Erklärung der für die meteorischen Eisen so kennzeichnenden widmanstättenischen Struktur nach den neueren Arbeiten von BELAJEW (1) und R. VOGEL (19) in diese Vorstellung gut einzufügen ist. Sie entsteht durch sekundäre „eutektoide“

Kristallisation aus dem Eisen, das nach der Erstarrung aus der Schmelze ein granuliertes Gefüge angenommen hat. Ihre Ausbildung wird zunächst begünstigt durch eine grobe Granulation, wie sie bei hoher, nahe unter dem Schmelzpunkte festgehaltener Temperatur entsteht, dann aber durch ein *verhältnismäßig rasches weiteres Erkalten*, bei der die Kamacitlamellen im Innern der Körner aus der festen Legierung abgeschieden werden. Im Eisenkerne eines Körpers von planetarischer Größe könnte das nicht geschehen.

Die petrographische Beschaffenheit der Meteoriten und ihre stoffliche Zusammensetzung sprechen entschieden zugunsten *ihrer Herkunft aus dem Planetensysteme* und gegen die Angabe der Astronomen, daß aus den hyperbolischen Bahnen der meisten Meteoriten von beobachtetem Fall ihre Herkunft aus dem interstellaren Raume zu erweisen sei.

Es ist vor allem die, wie man sagen kann, *erschreckliche Einförmigkeit*, die einer Herleitung der Meteoriten aus dem interstellaren Raume widerspricht. Einförmigkeit ist auch der hervorstechende Zug des Materiales der Tektite. Es ist schwer zu denken, daß der ungeheure interstellare Raum der Erde immer nur Proben aus demselben und aus einem so engen Bildungsbereiche zusenden sollte.

Die häufigen Zwischenglieder und Übergänge zwischen den meteorischen Eisen und Steinen zeigen, daß beide aus gleichartigen, erstarrenden Riesentropfen entmischt worden sind. Aber sie sind sicherlich nicht Trümmer eines Großplaneten; nicht eines zur Asteroidenzone aufgelösten Anonymus.

Nach unserer gegenwärtigen Vorstellung über das kosmische Geschehen ist die Entstehung der chemischen Elemente in das Innere der größten Weltkörper zu verlegen, und die Temperatur ist eine Funktion der Größe. Nur an der Oberfläche der Sonnen herrschen Temperaturen über 1400 bis 1500°, wie sie für die Ausgangsschmelzen der Meteoriten zu beanspruchen sind. Ihre Stoffmischung und der Zustand, von dem ihre Gestaltung den Ausgang genommen hat, nötigt zu der Ableitung von der Oberfläche eines sonnenartigen Himmelskörpers.

Aus der allgemeinen Verbreitung der aus den erwähnten Chondren bestehenden Chondrite kann man schließen, daß diese lockeren, tuffartigen Zusammenpackungen nicht durch örtlichen Vulkanismus in gesonderten Schloten wie auf der Erde, sondern durch einen über die ganze Oberfläche eines erstarrenden Himmelskörpers gleichzeitig wirkenden Vulkanismus entstanden sind. Die Erstarrung muß *rasch geschehen sein* und, wie man annehmen darf, auf einem von dem heißen, sonnenartigen Hauptkörper losgelösten Tropfen.

Aus der Beschaffenheit der Meteoriten ist somit eine phasenreiche Geschichte abzulesen, die mit gleicher Geltung für *alle* bekannten Vorkommen verwendet werden kann. Die *erste Phase*, in der das

Stoffgemenge bei hohen Temperaturen geschaffen wird, ist auf einen sonnenartigen Himmelskörper von entsprechender Größe zu verlegen. Sie kann als die *astrale Phase* bezeichnet werden. In eine *zweite Phase* fällt die Lostrennung der zur Bildung der Meteoriten bestimmten Stoffe von dieser Sonne in Form von verhältnismäßig großen Tropfen einer heißen sauerstoffarmen und wasserfreien Schmelze. Sie sei als *apostaktische Phase* unterschieden (*ἀποσώξεν* — abtropfen). — In einer *dritten*, der *kathartischen Phase* (*καθαίρειν* — Reinigungsprozeß durchführen, *κάσασμα* — Schlacke) geschieht die Sonderung in die Schlackenhülle und den Metallkern und die Auskristallisation der Mineralien, unbeeinflusst von der Wirkung eines bedeutenderen Schwerefeldes. — Eine *vierte*, die *porotische Phase*, umfaßt die Erstarrung (zu *πορώω* — ich verhärtete), die an der Oberfläche verhältnismäßig rasch und stürmisch, unter Chondrenbildung, vor sich geht. Verhältnismäßig rasches Erkalten der Gesamtmasse verlangt auch nach den Untersuchungen von BELAJEW und VOGEL die in der widmanstädtischen Struktur ausgedrückte, eutektoide Kristallisation der meteorischen Eisen. Erst in der *fünften*, der *diathraustischen Phase* (*διαθραύειν* — zum Zerspringen bringen), erfolgt der Zerfall des völlig erstarrten Riesentropfens in die kantigen Splitter, die nun in den unbestimmt langen Zeiten ihres Kreisens um die Sonne in einer *sechsten*, der *perihelischen Phase*, weitere Wandlungen mit der Thermometamorphose bei gelegentlicher Erhitzung in der Sonnennähe durchzumachen haben. Meteoriten aus Alkalimetallen werden in dieser Phase vermutlich durch Verdampfen völlig aufgezehrt werden. Der Eintritt in die irdische Atmosphäre bezeichnet die *siebente und letzte*, die *atmosphärische Phase* der Umgestaltung, in der das Abschmelzen durch Reibungswärme die Körper verkleinert, die Kanten rundet und die kennzeichnende Schmelzhaut zurückläßt. Bei Meteoriten aus Aluminium, Kalzium, Magnesium oder Silizium wird eine Verbrennungswärme noch wirksamer sein als die Reibungswärme, und in den *Tektiten bleibt nur das Ergebnis dieser letzten Phase erhalten*<sup>1</sup>.

Diese aus den petrographischen Eigenschaften abzuleitende Geschichte kann durch die aus den Daten der Astronomie gewonnenen Hypothesen nicht beeinflusst werden. Hier wäre auch nicht der Platz und nicht die Möglichkeit, einzugehen auf die von physikalischer Seite, von PANETH (7) u. a. gegen die interstellare Herkunft der Meteoriten erhobenen *Einwände*. Es sei nur hervorgehoben, daß die petrographische Beschaffenheit der Meteoriten gut mit der Vorstellung zu vereinigen wäre, daß sie von unserer Sonne abstammen und daß sie, wie auch PANETH vermutet, zu einer Gruppe von Körpern gehören mit den Kometen und der

<sup>1</sup> Für die freundlichen Ratschläge bei der Auswahl der griechischen Bezeichnungen habe ich meinem Kollegen, Prof. L. RADERMACHER, meinen besten Dank zu sagen.

äußerst dünnen Stoffwolke, deren Widerschein als Zodiaklicht sichtbar wird.

Eine mit den Vorstellungen der Astronomen besser vereinbare Hypothese wäre vielleicht die von JEANS, nach der die Planeten durch eine vorüberziehende zweite Sonne von der unseren abgezogen worden sind, und die Meteoriten würden Trümmer von den in fernen Raum mitverschleppten Tropfen sein und nun von dort her allmählich zum Sonnensysteme zurückkehren.

*Literatur:* 1. N. T. BELAIEW, On the genesis of Widmanstätten Structure in meteorites and in iron-nickel and iron-carbon alloys. Mineral. Magazin, London 20, 173 (1925). — 2. M. A. DAUBREE, Les Meteorites et la Constitution du Globe terrestre, Paris 1886. — 3. T. W. DAVID EDGEWORTH, H. S. SUMMERS, G. H. AMPF, The Tasmanian Tektite, Darwin Glass. Proc. roy. Soc. of Victoria, Melbourne 39, 167 (1927). — 4. V. GOLD-

SCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze und kosmische Häufigkeit der Elemente. Naturwiss. 18, 999 (1930). — 5. A. LACROIX, Les Tectites de l'Indochine. Arch. du Museum Nationale d'Histoire Naturelle, 6 Serie, Tl. VIII, 1932, 193. — 6. H. MICHEL, Fortschritte der Meteoritenkunde seit 1900. Fortschr. d. Mineralogie, Kristallogr. u. Petrogr., Jena 7, 316 (1922). — 7. F. PANETH, Zur Frage des Ursprunges der Meteoriten. Z. angew. physikal. Chemie 36, 727 (1930). — 8. F. E. SUESS, Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. Jb. d. Geol. Reichsanst., Wien 50, 193 (1900). — 9. F. E. SUESS, Rückschau und Neues über die Tektitfrage. Mitt. d. Geol. Gesellschaft, Wien 7, 51 (1914). — 10. R. VOGEL, Eine umfassendere Deutung der Gefügeerscheinungen des ternären Systems Eisen-Nickel-Phosphor. Abh. d. Gesell. d. Wiss. Göttingen, mathem.-physik. Klasse, 3. Folge 1932, H. 6. — 11. W. A. WAHL, Beiträge zur Chemie der Meteoriten. Z. anorg. u. allg. Chem. 69, 52 (1910).

## Zur Frage der Bedeutung hormoneller Beziehungen bei der Insektenmetamorphose.

VON DIETRICH BODENSTEIN, Rovigno d'Istria.

Es ist in den letzten Jahren verschiedentlich darauf hingewiesen worden, daß die Metamorphose der Insekten, ähnlich wie die der Amphibien, einer hormonellen Beeinflussung unterliegt. Obwohl Hormone bei der Insektenentwicklung bis jetzt noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden konnten, so scheint doch vieles für ihre Existenz zu sprechen. Die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung soll es sein, jene experimentellen Befunde zusammenzustellen, welche von Bedeutung für die Auffassung sind, daß bei der Insektenmetamorphose innersekretorische Stoffe eine mehr oder minder bedeutende Rolle spielen. Die Experimente, welche in diesem Zusammenhang interessieren, sind vorwiegend an Lepidopteren gemacht worden. Als Metamorphose der Schmetterlinge bezeichnen wir die Tatsache, daß aus dem Schmetterlingssei die Raupe (welche mehrere Häutungen während ihres Heranwachsens vollführt), aus der Raupe die Puppe, und aus der Puppe der Falter sich entwickelt. Diese Verwandlungsfolge im Auge behaltend, könnten wir etwa wie folgt fragen: Haben wir irgendwelche experimentellen Anhaltspunkte, die es erlauben, anzunehmen, daß 1. bei der Raupenhäutung, 2. bei der Puppenhäutung, 3. beim Schlüpfen des Falters, Hormone beteiligt sind? — Wir haben solche Anhaltspunkte, behalten daher diese Dreiteilung bei und sprechen von larvalen, von puppalen und von imaginalen Metamorphosehormonen; und zwar, wenn wir Faktoren meinen, deren Wirksamkeit an hormonele Stoffe denken läßt, die 1. das Häutungsgeschehen, 2. die Puppenwerdung und 3. die Imagoentwicklung beeinflussen.

### *Larvale Metamorphosehormone.*

Vor kurzem (1930b) berichtete von v. BUDDENBROCK über Experimente, welche ihn annehmen

lassen, daß die Häutung der Schmetterlingsraupen von Häutungshormonen ausgelöst würde. v. BUDDENBROCK injizierte das Blut von kurz vor der Häutung stehenden Raupen in häutungsferne Raupen und fand, daß die so behandelten Tiere sich frühzeitig häuteten. Das große, experimentelle Material, wurde statistisch ausgewertet und die kurvenmäßige Darstellung läßt deutlich den frühzeitigen Häutungseintritt der injizierten Tiere gegenüber dem der normalen Tiere hervortreten. Da jedoch die dieser Kurve zugrundeliegenden Mittelwerte noch innerhalb der zulässigen Fehlergrenze liegen, so ist eine Beschleunigung der Entwicklung bzw. Häutung durch evtl. vorhandene Häutungshormone noch nicht sichergestellt. Dennoch werden v. BUDDENBROCKs Experimente durch folgende, von BODENSTEIN (1933) ausgeführte Untersuchungen gestützt. BODENSTEIN transplantierte Raupenbeine heterotop in die dorsale Mediane älterer Raupen des gleichen Stadiums. Er fand, daß der Zeitpunkt der Häutung des Transplantates vom Wirt bestimmt wird. Das transplantierte Beinchen häutete sich 2 Tage früher, als am normalen Ort. Es konnte sogar, durch Transplantation eines älteren Beines (des letzten Raupenstadiums) in ein jüngeres Raupenstadium eine überzählige Raupenhäutung des Transplantates erzielt werden. Diese Tatsachen sprechen dafür, daß die Häutung des Transplantates von Faktoren im Wirt abhängig ist. Die Art der Wirksamkeit dieser „extrahypodermalen Häutungsfaktoren“ läßt an Hormone denken, denn selbst bei Transplantationen zwischen verschiedenen Arten konnte eine gleichzeitige Entwicklung vom Transplantat und Wirt beobachtet werden. BODENSTEIN konnte dann auch noch durch Transplantationen auf verschieden alte Wirte nachweisen, daß diese, die Transplantate zur Häutung zwingenden Häutungsfaktoren (lar-