

Tschermak G.

Überreicht vom Verfasser.

Über das Eintreffen gleichartiger Meteoriten

von

G. Tschermak,

w. M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Dezember 1907.)

Aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Klasse; Bd. CXVI. Abt. IIa. Dezember 1907.

WIEN, 1907.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Über das Eintreffen gleichartiger Meteoriten

von

G. Tschermak,

w. M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Dezember 1907.)

I. Meteoriten und Sternschnuppen.

Die Zahl der Meteoritenfälle, die sich auf der Erde jährlich ereignen, ist sehr groß. Reichenbach schätzte dieselbe auf beiläufig 4500.¹ Dies kann wohl nur als ein Minimum angesehen werden. Andere Schätzungen gehen weit darüber hinaus. In einem Jahrhunderte würden demnach zum mindesten 450.000 Fälle eintreten, bei denen einzelne Meteoriten oder Schwärme derselben die Atmosphäre durchdringen und sich mit der Erde vereinigen.

Davon kommt nur wenig in die Sammlungen. Die meisten Meteoritenfälle werden nicht wahrgenommen und die Produkte der beobachteten werden nicht immer gefunden.

Ein Teil dieser fremden Gäste wird aufgelesen, ohne daß der Falltag bestimmt ist, ein Teil ist bisher nicht genauer geprüft und klassifiziert. Von diesen abgesehen, beträgt die Zahl der Meteoritenfälle des vorigen Jahrhunderts ungefähr 320, nämlich solcher, von denen Exemplare aufbewahrt werden, deren Falltag und Beschaffenheit bekannt ist.²

¹ Poggendorff's Annalen, Bd. 105, p. 557 (1858).

² Nach F. Berwerth's Verzeichnis der Meteoriten im naturhistorischen Hofmuseum Ende Oktober 1902 (Annalen des naturhist. Hofmus., Bd. 18), dem auch die übrigen ziffermäßigen Daten bezüglich der Meteoriten entnommen sind.

Ogleich dieser Betrag im Verhältnisse zu der vorher genannten Zahl ein sehr geringer ist, so gilt es doch als wahrscheinlich, daß die Summe der in den Sammlungen vorhandenen Proben die durchschnittliche Beschaffenheit jener kleinen Himmelskörper verrät, welche als Meteoriten fortwährend von der Erde aufgenommen werden. Es ist aber wohl möglich, daß künftig auch einzelne Meteoriten gesammelt werden, die eine neue Zusammensetzung darbieten.

Die Meteoriten enthalten, wie bekannt, nur solche Grundstoffe, die auch in der Erdrinde und der Atmosphäre nachgewiesen sind und ihre Gemengteile gleichen, wenn auch nicht der Art, so doch der Gattung nach, Mineralen. Werden sie nach dem spezifischen Gewicht angeordnet, so ergibt sich eine Reihe, die mit den kohligen Meteoriten von der Dichte 1·7 bis 2·9 beginnt, worauf die feldspatführenden, deren Dichte 3 bis 3·4 ist, folgen. Daran schließen sich die bronzit- und olivinhaltigen Steine, die gewöhnlich kleine Kügelchen (Chondren) enthalten, mit der Dichte 3 bis 3·8; ferner die silikatführenden Eisen, deren Dichte zu 4·3 bis 7 angenommen werden kann, endlich die Meteoreisen von der Dichte 7·5 bis 7·8. Unter den steinartigen Meteoriten bilden jene mit Kügelchen, welche von G. Rose als Chondrite bezeichnet werden, die Hauptmasse. Unter den aufgesammelten 320 Meteoriten des vorigen Jahrhunderts haben ungefähr 270 die Beschaffenheit der Chondrite.

Die Beobachtungen, welche beim Eintritte der Meteoriten in die Atmosphäre gemacht werden, sind gewöhnlich sehr unvollkommen, weil die Beobachter meistens nicht geschult und der plötzlichen Erscheinung gegenüber nicht vorbereitet sind. Wer aus den Aussagen der Augen- und Ohrenzeugen auf die Bahn der Meteoriten in der Atmosphäre schließen will, ist auf die Kombination verschiedenwertiger Wahrnehmungen und auf Schätzungen angewiesen. Wenn nicht ein einzelner Meteorit, sondern ein ganzer Schwarm niederfällt, gibt die Art der Verstreuung auf der Erdoberfläche wenigstens die Projektion der Richtung beiläufig an. Über die Neigung der Bahn und über die Geschwindigkeit der Meteoriten ist nur selten eine sichere Angabe zu erhalten.

Trotz der vielen Schwierigkeiten wurden schon früher von Galle, Heis, Newton, Petit einzelne Meteoritenbahnen berechnet. In der letzten Zeit hat G. v. Niessl die Erforschung des Problems der Meteoriten und Feuerkugeln zu seiner Aufgabe gemacht und die Bahnbestimmungen, soweit dies möglich, mit rühmenswertem Eifer und großem Erfolge durchgeführt.

Das Ergebnis lautet im allgemeinen dahin, daß für die Mehrzahl der Meteoritenfälle eine hyperbolische Bahn anzunehmen ist, weil die Geschwindigkeit, mit welcher diese Körper in die Atmosphäre eintreten, sowohl jene der Planeten, die sich in geschlossenen Bahnen bewegen, als jene der Kometen, welchen parabelähnliche Bahnen zukommen, um ein bedeutendes übertrifft. Demnach würden die Meteoriten, aus fernen Räumen anlangend, in das Sonnensystem eintreten und würden alle jene, die sich hier nicht mit den Planeten vereinigen, diesen Raum wiederum und für immer verlassen. Da jedoch die Geschwindigkeit nicht immer annähernd bestimmt werden kann, so ist es nicht ausgeschlossen, daß es auch Meteoriten gibt, die sich ähnlich den Planeten in elliptischen Bahnen bewegen und in regelmäßiger Wiederkehr das Sonnensystem besuchen.

Den gleichen Charakter bezüglich der Bahn weisen die detonierenden Feuerkugeln auf, deren Wesen von jenem der Meteoriten kaum verschieden sein dürfte, wenngleich keine Residuen derselben gefunden werden.

Die Erscheinung der Sternschnuppen ist eine ähnliche. Sie wird ebenfalls als das Erglühen fester Körper, die in die Atmosphäre eindringen, aufgefaßt. J. V. Schiaparelli, der vor Jahren in einem grundlegenden Werke¹ den Zusammenhang der feurigen Erscheinungen in der Lufthülle unseres Planeten beleuchtete, bezeichnet den astronomischen Unterschied damit, daß den Meteoriten vorwiegend eine hyperbolische Bahn, den Sternschnuppen hingegen eine solche zugeschrieben wird, welche sich der parabolischen nähert.

Durch diese Auffassung ist hier eine numerische Grenze gezogen, deren Bestehen durch den Umstand bekräftigt wird,

¹ Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen. Deutsch von Boguslawski, Stettin 1871.

daß zur Zeit der großen Sternschnuppenschauer keine größere Häufigkeit der Meteoritenfälle beobachtet wird, ferner dadurch, daß bei Durchsicht der Falltage der genauer bekannten Meteoriten die größte Dichtigkeit auf die Monate Mai und Juni fällt, was mit der Häufigkeit der Sternschnuppen sich nicht vereinigt. Da jedoch die Wahl zwischen den beiden Arten der Bahn bloß durch die Geschwindigkeit beim Zusammentreffen mit der Erde bestimmt ist und diese lediglich auf Schätzungen beruht, so ist die vorbezeichnete Grenze keine scharfe. Mit Recht bemerkt G. v. Niessl, daß nichts hindert, für einen Teil der Sternschnuppen hyperbolische oder auch elliptische Bahnen anzunehmen.¹

Allgemein gilt als sicher, daß der Lichtstreif in der Atmosphäre von sehr kleinen Stücken fester Körper veranlaßt wird. Nach dem Auftreten der Erscheinung zu schließen, sind diese Körper teils unregelmäßig im Himmelsraume verteilt, zum Teil jedoch nach ihrem Eintritt in das Sonnensystem zu langgezogenen Schwärmen angeordnet.

Was die Beschaffenheit der letzteren betrifft, ist die Gleichartigkeit bemerkenswert, welche sich bei den großen Meteorströmen herausstellt. E. Weiss, einer der ersten Kenner des Phänomens bemerkt,² daß die einzelnen Meteorströme ganz verschiedenen Charakter nach Farbe, Lichtschweif, scheinbarer Geschwindigkeit besitzen, daß aber die Sternschnuppen desselben Stromes der Mehrzahl nach dieselbe Leuchtkraft besitzen, woraus man den Schluß ziehen darf, daß hier ungefähr die gleiche Größe der Partikel und die gleiche chemische Beschaffenheit vorherrscht.

Eine Bestätigung dieser Wahrnehmung bieten die spektroskopischen Beobachtungen, da Browning in dem Schweif der Augustmeteore die gelbe Natriumlinie, in jenem der Novembermeteore ein kontinuierliches Spektrum ohne die gelbe Linie erblickte und Secchi in diesem die Magnesiumlinien deutlich erkannte.

¹ Über die Periheldistanzen und Bahnelemente... von Meteoriten. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. 29 (1891).

² Diese Sitzungsber., Bd. 57, Abt. II, p. 281 (1868).

Alle diese Beobachtungen liefern eine Stütze für die Ansicht, daß die zahllosen, im Weltraume verteilten kleinen Körper so angeordnet sind, daß sie zum Teile große Ströme von ungefähr gleichartiger Beschaffenheit bilden und daß die voneinander verschiedenen Ströme auch verschiedene Bahnen verfolgen.

Die stoffliche Beschaffenheit dieser Körper läßt sich nicht bestimmen, aber vielleicht erraten, wenn man die an den Meteoriten gemachten Erfahrungen zu Hilfe nimmt.

Daubrée hat auf die Analogie der petrographischen Zusammensetzung hingewiesen, welche zwischen den Meteoriten und jenen Bestandteilen der Erde, die eine Bildung bei hoher Temperatur verraten, besteht. Das Meteoreisen und die mit Silikaten gemischten Eisen entsprechen der vermutlichen Zusammensetzung des Erdinneren, aus dessen Bereich wohl niemals etwas an die Erdoberfläche gelangt.¹ Die olivin- und bronzithaltigen Meteorsteine sind einigen Felsarten analog, die an der Erdoberfläche wenig verbreitet sind, in größerer Menge aber in den tiefen Regionen der Erdrinde vermutet werden. Die feldspatreichen Meteoriten sind einzelnen eruptiven Felsarten sehr ähnlich.

Werden die seit vielen Jahrtausenden herabgefallenen Meteoriten zu einer Masse vereinigt gedacht, in der die spezifisch schweren den Kern bilden, die übrigen nach Abnahme der Dichte aufeinander folgen, so konstruiert die Phantasie ein kugeliges Gebilde, das der Erde analog zusammengesetzt ist, wenn man die Atmosphäre, das Wasser und die sedimentären Schichten der letzteren wegdenkt. Der Unterschied würde darin bestehen, daß auf der Erde noch eine äußere Schichte jener salzartigen Verbindungen existierte, deren Elemente im Meerwasser gelöst enthalten sind. Solche Verbindungen sind in einigen kohligen Meteoriten bloß in geringer Menge nachgewiesen worden. Spezifisch leichtere Stoffe scheinen jedoch im Sonnensystem eine größere Rolle zu spielen.

Während der Erde eine mittlere Dichte von 5·6 zukommt, berechnet sich für den Mond eine solche von 3·4. Wird für

¹ Schwantke A., Sitzungsberichte der Berliner Akademie, 1906, p. 853.

diesen ein analoger Bau wie für die Erde angenommen, wonach der äußeren Rinde des Mondes die Dichte von höchstens 2 zukäme, so wird die Vermutung angeregt, daß die Kruste des Mondes aus leichterem Material bestehe, ähnlich den vorher genannten salzartigen Verbindungen, die auf dem Monde früher vorhanden gewesenen Wasser absorbiert haben.¹

Geleitet durch die Formen der Mondoberfläche, die eine ehemals heftige eruptive Tätigkeit verrät, hat man wohl angenommen, daß die Rinde des Mondes aus vulkanischem Gestein, Laven und Aschen von derselben Beschaffenheit bestehe, wie die Produkte der irdischen Vulkane, aber die riesigen Kraterformen auf dem Monde sprechen mehr für eine explosive Tätigkeit, die ein Emporschleudern leichten, pulverigen Materials bewirkte, als für Ergüsse von Laven.

Wenn schon auf dem Begleiter der Erde Massen von geringerer Dichte als jener der Erdrinde anzunehmen sind, so führen die Zahlen für die Dichte der unteren Planeten, wie Jupiter, dessen mittlere Dichte 1·4, Neptun, dessen mittlere Dichte 1·1, zu der Erkenntnis, daß in den äußeren Regionen des Sonnensystems Stoffe von geringer Dichte verbreitet sind und daran knüpft sich die Vermutung, daß die aus fernen Himmelsräumen zu uns gelangende Spreu zum großen Teil aus solchen Stoffen bestehe.

Zuerst könnte man an lockere, staubförmige Massen denken, die im weiten Raume Wolken bilden. Solche könnten wie die Meteoritenschwärme in die Atmosphäre treten und sich hier zerteilen. Dafür würde der Fund in dem bei der Challenger-Expedition emporgebrachten Meeresschlamm sprechen, worin Renard kleine Kügelchen beobachtete, die den eisenhaltigen Chondren vollkommen gleichen.

Ferner möchte man in den fernen Räumen auch Flocken jener pulverigen, salzartigen Verbindungen annehmen. In den kohligten Meteoriten sind außer dem Steinstaub auch Kohle und Kohlenwasserstoffe zugegen. Beim Auflesen der Meteoriten von Pultusk wurden als Begleiter derselben auch Flocken von

¹ Siehe meine Abhandlung über den Vulkanismus als kosmische Erscheinung. Diese Sitzungsber., Bd. 75, Abt. I, p. 166 (1877).

kohliger Beschaffenheit beobachtet. Für das selbständige Auftreten von kohligen Flocken unter den zur Erde gelangenden Gästen spricht auch die von A. E. Nordenskiöld erwähnte Auffindung kohligen Staubes auf frischem Eis und Schnee in menschenleeren Gegenden.¹

Bei der niedrigen Temperatur des Weltraumes, die nach Pouillet ungefähr -142° beträgt, könnten daselbst auch Stoffe, die an der Erdoberfläche im flüssigen oder dampfförmigen Zustande vorkommen, in fester Form bestehen und könnten auch Flocken solcher Stoffe, wie Schnee, Kohlendioxyd und leichter Kohlenwasserstoffe in großen Schwärmen die fernen Regionen durchziehen. Diese würden sich aber, wenn sie nicht von festen Stoffen adsorbiert sind, kaum längere Zeit in dieser Form erhalten und würden allmählich in die Gasform übergehen.

Dem Gesagten entsprechend, gewinnt die Vermutung Raum, daß Partikel und Flocken von lockerer Beschaffenheit und scheinbar geringer Dichte, die aus verschiedenen Stoffen, wie Steinpulver, salzartigen Verbindungen, aus Kohle und Kohlenwasserstoffen bestehen, im Weltraume verbreitet sind und zum Teil stromweise in das Sonnensystem eintreten. Ein kleiner Teil derselben begegnet der Erde und tritt mit einer enormen Geschwindigkeit in die Atmosphäre. Die Partikel werden glühend, leuchtend und geben die Erscheinung der Sternschnuppen. Der genannten Zusammensetzung und lockeren Beschaffenheit zufolge werden dieselben schon bevor sie der Erde nahe kommen, verbrannt, fein verteilt, wie man zu sagen pflegt, aufgezehrt, indem sie Kohlensäure, Wasserdampf und einen feinen Staub zurücklassen. Demnach wäre das Material der Sternschnuppen bezüglich der Aggregation und zum Teil auch in chemischer Beziehung von jenem der Meteoriten verschieden.

II. Die vulkanische Theorie der Meteoritenbildung.

Die Meteoriten gelangen in der Form von Bruchstücken und Splintern in die Atmosphäre, woraus geschlossen wird, daß

¹ Zeitschrift der deutschen geol. Ges., Bd. 33, p. 27 (1881).

dieselben durch Zertrümmerung von größeren Massen entstanden sind. Sie zeigen in ihrer Struktur Ähnlichkeit mit vulkanischen Felsarten, mit deren Breccien, Tuffen und es weist ihr Gefüge an vielen Stücken auf sehr intensive Vorgänge der Verschiebung, Zerstäubung und Wiedervereinigung durch Schmelzung und Frittung hin. Demnach ist es wahrscheinlich, daß jene Zertrümmerung durch einen Vorgang ähnlich den vulkanischen Explosionen erfolgte.

Von der Ansicht ausgehend, daß die vulkanischen Erscheinungen der Erde durch die Entwicklung der in dem metallischen Erdkern absorbierten Gase und Dämpfe, die bei der allmählichen Erstarrung des glutflüssigen Inneren sich entbinden, hervorgebracht werden und daß dem analog an kleinen kosmischen Körpern bei deren Abkühlung Eruptionserscheinungen von großer Heftigkeit eintreten würden, habe ich vor mehreren Jahren die Hypothese der vulkanischen Entstehung der Meteoriten entwickelt¹ und bin zu dem Schlusse gelangt, daß die Erwägung aller Umstände dazu führt, eine Anzahl kleiner Himmelskörper, die zwar einen erheblichen Umfang hatten, aber doch so klein waren, daß sie Trümmer, welche durch Explosionen emporgeschleudert wurden, nicht mehr zurückzuführen vermochten, als die Werkstätten der Meteoriten anzusehen. Jene kleinen Sterne verloren aber durch das wiederholte Abschleudern der Bruchstücke fortwährend an Masse, bis sie endlich ganz oder zum großen Teil in kleine Stücke aufgelöst wurden, die nun in verschiedenen Bahnen den Weltraum durchziehen.

Diese Annahme unterscheidet sich erheblich von der älteren Explosionshypothese, nach welcher jene kleinen Himmelskörper durch eine heftige Explosion zerplatzten und mit einem Male zertrümmert wurden. In diesem Falle müßten, wie Schiaparelli richtig bemerkte, außer kleinen Stücken auch sehr große Blöcke nach allen Richtungen verstreut werden, so daß keine Schwärme von kleinen Stücken gebildet würden.

¹ Die Bildung der Meteoriten und der Vulkanismus. Diese Sitzungsber., Bd. 71, Abt. IIa, p. 661 (1875).

Die Meteoriten sind immer relativ kleine Massen und ihr Gefüge weist auf einen Vorgang der Zerteilung hin, der mit dem auf der Erde beobachteten vulkanischen Prozeß bloß durch das Emporschleudern fester Stücke eine Ähnlichkeit hat, während alles fehlt, was an die Bildung von Laven erinnert.

Das Material der Meteoriten ist nur in der Minderzahl der Fälle gleichförmig kristallinisch, was auf die ruhige Bildung einer Erstarrungskruste hinweist. Viele Meteoriten zeigen eine Zusammenfügung von Splittern, ein tuffartiges Gefüge, was einer Zermalmung des früheren kristallinischen Gesteins entspricht. Die meisten sind Chondrite und bestehen aus ganzen oder zerbrochenen Kügelchen und aus kristallinischer oder tuffartiger Grundmasse. Dies spricht wiederum für eine gestörte Bildung unter häufiger Bewegung der ganzen Masse.

Der Auflösungs- und Zerteilungsprozeß der gedachten kleinen Himmelskörper vollzieht sich gemäß der vulkanischen Hypothese derart, daß immer, sobald sich eine Erstarrungskruste gebildet hatte, diese durch die empordringenden heißen Gase zerkleinert, durch Stöße zerrieben, in Staub und kleine Stücke umgeformt und wieder zusammengefrittet, endlich durch stärkere Explosionen abgesprengt wird und dieser Vorgang sich beständig wiederholt. Die erste Kruste besteht aus spezifisch leichteren Massen, die folgenden sind ein schwereres Material, bis endlich auch Krusten von Eisen gebildet, zersprengt, abgeschleudert und zerstreut werden. Die gleichzeitig abgesprengten Stücke würden besonders im Anfange dieser Zertrümmerung von gleichartiger Beschaffenheit sein. G. v. Niessl hat die vulkanische Hypothese einer allgemeinen Diskussion unterzogen und ist zu dem Ergebnisse gelangt, daß die Auflösung solcher explodierender Massen in Gegenden außerhalb des Sonnensystems zu verlegen seien.¹

Wird der angenommene Vorgang weiter verfolgt, so ergibt sich, daß die abgesprengten Stücke verschiedene Bahnen, darunter auch geschlossene, antreten, also rekurrente, regelmäßig wiederkehrende Schwärme gebildet werden können. Alle so entstehenden, gleichzeitig gebildeten Meteoriten haben

¹ Diese Sitzungsberichte, Bd. 113, Abt. IIa, p. 1361 (1904).

in ihrem Laufe den Explosionspunkt gemein. Werden ihre Bahnen zurückverfolgt, so kreuzen sich dieselben in jenem Punkte. Bei wiederholten Explosionen reihen sich viele solche Kreuzungspunkte aneinander. Aus dem Gesagten folgt, daß gleichartige Meteoriten verschiedene Bahnen antreten können, deren ursprünglicher Kreuzungspunkt nicht leicht erkennbar wäre.

Ist die Explosionsstelle weit von dem Zentralkörper entfernt, wo die Geschwindigkeit des die Meteoriten erzeugenden Körpers eine geringe ist, so hat die Explosionsgeschwindigkeit einen erheblichen Einfluß auf die Gestaltung der Meteoritenbahnen. Viele der Trümmer werden in Richtungen geraten, die von jener des erzeugenden Körpers stark abweichen. Ein Teil behält anfangs die Richtung des letzteren und bewegt sich mit vermehrter Geschwindigkeit weiter. Es sind jene, bei denen die Stoßrichtung mit der Bahnrichtung nahe übereinstimmt. Jene, deren Explosionsrichtung der Bahnrichtung des erzeugenden Körpers entgegengesetzt ist, werden mit verminderter Geschwindigkeit ihren Lauf antreten oder sogar eine rückläufige Bewegung annehmen.

Diesen Bemerkungen, welche sich Niessl's Ausführungen anschließen, möchte ich noch zufügen, daß nach der vulkanischen Hypothese die Explosionen fort dauern, während sich der erzeugende Körper dem Sonnensystem nähert. Jetzt wird die Explosionsgeschwindigkeit immer weniger Einfluß auf die Veränderung der ursprünglichen Bahn ausüben und werden die entstehenden Meteoritenschwärme immer mehr der ursprünglichen Bewegungsrichtung treu bleiben. Gleichartige Stücke werden benachbarte Bahnen einschlagen, so daß der Auflösungsprozeß Schwärme liefert, welche eine Anordnung entsprechend der Zeitfolge ihrer Entstehung darbieten. Trifft nun ein Teil dieser Schwärme mit der Erdbahn zusammen, so kann die Erscheinung eintreten, daß mit der Zeit eine regelmäßige Verschiebung jenes Punktes eintritt, in welchem die Erdbahn von einem solchen Schwarme durchschritten wird.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, den astronomischen Teil der hier berührten Meteoritentheorie weiter auszuführen, was den Forschern vorbehalten bleibt, welche dieses Gebiet

beherrschen. Die vorstehende Betrachtung dürfte aber ausreichen, um anzudeuten, daß infolge der hier angenommenen Bildungsweise der Meteoriten die Ausstreuung derselben im Weltraume so stattgefunden hätte, daß dieselben zum Teil in Schwärmen von gleichartiger Beschaffenheit angeordnet wurden und daß demgemäß Schwärme von verschiedener Beschaffenheit auch verschiedene Bahnen verfolgen. Damit ist einerseits der weiter zu besprechende Versuch gerechtfertigt, einer Gesetzmäßigkeit des Erscheinens gleichartiger Meteoriten nachzuforschen, andererseits die Analogie zwischen Meteoriten und Sternschnuppen zu beleuchten. Für letztere wären als erzeugende Körper keine kompakten Massen, vielmehr lockere Anhäufungen von festen und flüchtigen Stoffen anzunehmen, die beim Eintritt in das Sonnensystem in Flocken aufgelöst und oft stromweise angeordnet würden.

Die kosmischen Staubmassen, durch deren Zusammenschließung die Meteoriten, Sternschnuppen und Kometen entstehen, leitet S. Arrhenius von den unmeßbar kleinen Partikelchen ab, die von der Sonne und den vielen anderen glühenden Zentralkörpern aus vom Strahlungsdruck in den Sternensraum geführt werden und sich stellenweise zu größeren oder kleineren Aggregaten ansammeln.¹

Arrhenius verlegt die Bildung der Meteoriten in die Region der Nebelflecke, weit außerhalb des Sonnensystems.

III. Falltage der gleichartigen Meteoriten.

Bei der Betrachtung der Fallzeiten ergibt sich eine ungleiche Verteilung auf die einzelnen Tage des Jahres. Einer gleichförmigen Verbreitung der Meteoriten im Raume würde auch eine derartige Verteilung der Fallzeiten entsprechen, zumal die Zahl der sämtlichen bisher bekannten Fallzeiten der Zahl 365 nahekommt. Dem entgegen zeigen sich einerseits Lücken, andererseits für manche Tage Anhäufungen von Meteoritenfällen, woraus man schließen könnte, daß die Meteoriten in Strömen angeordnet sind, welche zur selben Zeit

¹ Das Werden der Welten. Übersetzt von L. Bamberger. Leipzig 1907.

des Jahres wiederkehren. Wenn man sich aber gegenwärtig hält, daß die Zahl der beobachteten Meteoritenfälle nur einen verschwindend kleinen Teil der tatsächlich eingetretenen ausmacht, so wird man jenen Anhäufungen keine so weittragende Bedeutung beimessen.

Wären die Meteoriten von gleicher Fallzeit in chemischer und petrographischer Beziehung als gleichartig zu betrachten, so hätte die Vorstellung von einer homogenen Beschaffenheit der einzelnen Meteorströme einige Berechtigung und die Erforschung der Bahnen, welche diese Körper vor ihrem Eintritt in die Atmosphäre beschreiben, könnte dafür den Beweis erbringen. Die an gleichen oder benachbarten Tagen gefallenen Meteoriten zeigen aber gewöhnlich eine verschiedene Zusammensetzung oder wenigstens verschiedene Struktur, daher es bei der ersten Durchsicht der Angaben scheint, als ob kein Zusammenhang zwischen dem Orte des Zusammentreffens mit der Erde und der Art der Meteoriten bestünde.

Bei genauer Durchmusterung ergeben sich jedoch nicht wenige Beispiele dafür, daß gleicher Fallzeit auch eine gleiche oder ähnliche Beschaffenheit entspricht. Dadurch veranlaßt, unternahm es A. G. Högbom¹ auf Grund der von E. A. Wülfing veröffentlichten Zusammenstellung² eine Statistik der bis zum Jahre 1896 bekannten und durch Proben belegten Meteoritenfälle unter Angabe der beiläufigen Stellung im petrographischen Systeme zu verfassen, die eine gute Übersicht gewährt.

Von den dort verzeichneten Beispielen mögen vorläufig nur zwei hervorgehoben werden:

1803 am 13. Dezember Massing,

1813 am 13. Dezember Luotolaks.

Die beiden Meteoriten sind petrographisch sehr ähnlich, doch wären dieselben in chemischer Beziehung noch vollständiger als bisher zu untersuchen.

¹ Eine meteorstatistische Studie. Bull. of the Geol. Instit. of Upsala, Nr. 9, Vol. V, Part I (1900). Eine Zusammenstellung der Fälle ohne Angabe der petrographischen Beschaffenheit hat auch Reusch im Jahrb. für Mineralogie, 4. Beilageband, p. 513 (1886) gegeben.

² Die Meteoriten in Sammlungen und ihre Literatur. Tübingen 1897.

1827, am 9. Mai Drake Creek,
1829, » 8. » Forsyth,
1840, » 9. » Karakol,
1846, » 8. » Monte Milone.

Alle vier sind einander sehr ähnlich. Sie gehören zu den weißen Chondriten. Die zwei ersten sind sehr unvollkommen, die beiden anderen gar nicht analysiert. Somit fehlt der genauere Nachweis ihrer Gleichartigkeit. Die Nachrichten über die Fallerscheinungen gestatten für keinen der genannten Meteoriten eine Berechnung der Bahn. Aus diesen Gründen lassen sich diese Fälle nicht verwenden, um der Frage bezüglich der Herkunft gleichartiger Meteoriten näherzutreten.

Diese wenigen Andeutungen geben schon zu erkennen, welche Hindernisse gegenwärtig einer gründlichen Erforschung des Meteoritenphänomens entgegenstehen. Bald fehlt es an der petrographisch-chemischen, bald an der astronomischen Bestimmung, meist an beiden. Die Angabe der Fallzeit allein ist nicht genügend.

Was die Bahnbestimmung, d. i. die Berechnung der Bahntangente und Geschwindigkeit betrifft, so läßt sich für die Zukunft nichts weiter tun, als immer wieder betonen, daß die Meteoritenforschung nicht nur ein petrographisches, sondern zugleich ein astronomisches Problem verfolgt und daß die Aufsammlung aller Falldaten ebenso wichtig ist als die Aufsammlung der gefallen Exemplare. Obwohl die Erscheinung eine sehr seltene ist, wäre es doch zweckmäßig, eine einfache Belehrung über die bei Meteoritenfällen zu beobachtenden Erscheinungen und erforderlichen Zeitmessungen zu verfassen und diese in geeigneter Weise zur Kenntnis der Naturfreunde aller Länder zu bringen.

Die Erforschung der petrographisch-chemischen Beschaffenheit hingegen liegt in der Hand jener, die im Besitze größerer Quantitäten einzelner Meteoriten sind. Das Aufbewahren solcher liegt allerdings im Interesse der Erforschung durch künftige Generationen, aber bei dem gegenwärtig schon hochentwickelten Zustande der petrographischen und chemischen Analyse wäre es schon an der Zeit, eine systematische

Untersuchung der Meteoriten in beiden Richtungen durchzuführen. In jeder größeren Sammlung lagern von mehreren Meteoritenfällen größere Mengen, daher ohne Gefahr für die künftige Forschung so viel geopfert werden kann, daß eine petrographische Prüfung und eine chemische Analyse durchführbar ist. Von einzelnen Meteoritenfällen liegt das Hauptstück in einer kleineren Sammlung und die großen Museen besitzen bloß Splitter davon, die höchstens eine beiläufige Klassifikation ermöglichen. Es wäre demnach ein Zusammenwirken aller Besitzer von Meteoriten erwünscht. Die Bearbeitung sollte so durchgeführt werden, daß nur bewährte Fachmänner mit denselben betraut werden und nicht Anfänger, die zum ersten Mal einen Meteoriten in die Hand bekommen.

IV. Fallzeiten der Eukrite.

Wenn am gleichen Tage verschiedener Jahre zwei Meteoritenfälle beobachtet werden, die gleichartige Meteoriten lieferten, so kann diese Wiederholung einem Zufalle zugeschrieben werden. Die Bahn des einen und des anderen kann eine sehr verschiedene gewesen sein und es ist bloß der Durchschnittspunkt an der Erdbahn, die Knotenlänge annähernd die gleiche. Würde sich aber herausstellen, daß für beide Fälle die Bahn im Sonnensystem ungefähr die gleiche war, so erhält damit die Existenz eines Meteorstromes von homogener Beschaffenheit einige Wahrscheinlichkeit. Letztere würde noch vergrößert, wenn diese zwei Meteoriten von den übrigen erheblich verschieden wären, weil der supponierte Strom sich von anderen Strömen und von den regellos verteilten Meteoriten deutlich abheben würde. Die bezeichnete Wahrscheinlichkeit würde sich endlich sehr der Gewißheit nähern, wenn unter gleichen Umständen die Erscheinung auch ein drittes Mal einträte, wenn also drei gleichartige Meteoriten das gleiche Zusammentreffen mit der Erdbahn und ungefähr gleiche Bahnen im Sonnensystem aufwiesen. Eine solche Wiederholung ist jedoch bisher noch nicht konstatiert.

Wenn bemerkt wird, daß am selben oder an benachbarten Tagen verschiedener Jahre drei Fälle gleichartiger Meteoriten sich ereignet haben, ohne daß Beobachtungen gemacht wurden,

die eine Bahnbestimmung ermöglichen, so wird diese Wiederholung schon eine, wenn auch geringe Wahrscheinlichkeit des Zusammenhanges der Erscheinungen ergeben. Diese wird aber vergrößert, wenn diese drei gleichartigen Meteoriten zugleich von den übrigen verschieden wären. Wenn dieselbe Knotenlänge gleichartiger Meteoriten mehr als dreimal vorkommt, so wird ein Zusammenhang dieser Beobachtungsergebnisse nicht mehr zweifelhaft sein, wenngleich keine Bahnbestimmungen vorliegen, also eine Erklärung im vorgedachten Sinne noch aussteht. Bei jeder ferneren Wiederholung wird aber ein solcher Zusammenhang immer sicherer begründet sein.

Von diesen Erwägungen ausgehend, habe ich die Falldaten aller jener Meteoriten, die sich von der Hauptmasse derselben, also von den Chondriten, merklich unterscheiden, genauer verglichen (siehe Anmerkung 1).

Vor allem erschienen mir die Daten bezüglich der Eukrite bemerkenswert. Stellt man deren Fallzeiten zusammen, so ergibt sich eine merkwürdige Regelmäßigkeit, aber nicht von der Art, daß das Eintreffen immer am gleichen Knotenpunkte stattfindet, vielmehr in einer solchen Aufeinanderfolge, daß ein ungefähr gleichförmiges und beständiges Vorrücken der Knotenpunkte wahrzunehmen ist. Dies zeigt schon die Übersicht der Falltage:

1808, Mai 22	Stannern,
1819, Juni 13	Jonzac,
1821, Juni 15	Juvinas,
1855, August 5	Petersburg,
1865, August 25	Shergotty,
1899, Oktober 24	Peramiho.

Diese Reihe umfaßt alle Meteoriten von bekannter Fallzeit, die auf Grund petrographischer und chemischer Gleichartigkeit zu den Eukriten gerechnet werden können. Vier davon, jene von Stannern, Jonzac, Juvinas und Peramiho sind einander außerordentlich ähnlich und besitzen ganz gleiche chemische Zusammensetzung. Die übrigen zwei, jene von Petersburg und Shergotty, werden nicht allgemein als Eukrite betrachtet, obwohl dieselben zufolge ihrer Zusammensetzung

hier und nicht in die nächste Gruppe einzureihen sind (siehe Anmerkung 2). Auch wenn hervorgehoben wird, daß diese beiden Meteoriten nicht genau den übrigen Eukriten gleichen, so ist doch zu berücksichtigen, daß dieselben als lokale Ausbildungsarten des gleichen Gemenges angesehen werden können.

Jedenfalls sind die zuvor aufgezählten Meteoriten von allen übrigen merklich verschieden, wodurch die Wahrscheinlichkeit, daß der Reihenfolge ihrer Fallzeiten eine Gesetzmäßigkeit entspricht, vergrößert wird. Freilich muß dabei angenommen werden, daß jene Eukrite, deren Fall nicht beobachtet wurde, auch dieser Reihenfolge der Fallzeiten sich einordnen.

Um genauer vergleichbare Zahlen zu erhalten, richtete ich an Herrn Hofrat E. Weiss das Ersuchen um die Bestimmung der Knotenlängen sowohl der Eukrite als der noch weiter zu besprechenden Meteoritenfälle. Ich verdanke seiner gütigen Bereitwilligkeit die weiterhin angegebenen Zahlen, die von Herrn Dr. A. Prey ermittelt wurden.

Die geographischen Längen beziehen sich auf den Meridian von Greenwich, die Erdlängen oder Knotenlängen auf das mittlere Äquinocium von 1900. Diese sind in ganzen Graden und Dezimalteilen angegeben.

		Geogr. L.	Knotenlänge
Stannern,	1808, Mai 22, um 6 ^h a.	12° 36' O	242·13°
Jonzac,	1819, Juni 13, » 6 ^h a.	0 27 W	262·45
Juvinas,	1821, Juni 15, » 3 ^h 30 ^m p. . .	4 21 O	265·20
Petersburg,	1855, Aug. 5, » 3 ^h 30 ^m p. . .	86 50 W	313·45
Shergotty,	1865, Aug. 25, » 9 ^h a.	85 33 O	332·38
Peramiho,	1899, Okt. 24, » 7 ^h a.	35 32 O	390·56

Um keinen Widerspruch aufkommen zu lassen, sollen zuerst bloß jene vier Fälle, deren Meteoriten ganz unzweifelhaft gleichartig sind, einer Berechnung unterzogen werden. Wird hier angenommen, daß die Verschiebung des Knotens der Zeit proportional erfolgt, so erhält man nach Ermittlung der Konstanten durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate für die Knotenlängen E die Formel

$$E = 230 \cdot 64 + 1 \cdot 6175t,$$

in welcher t die Jahreszahl minus 1800 bedeutet. Dieser entsprechend ergeben sich im Vergleiche zu den Beobachtungen die Zahlen:

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1808, Stannern.....	242·13	243·58	—1·45
1819, Jonzac	262·45	261·37	+1·08
1821, Juvinas.....	265·20	264·61	+0·59
1899, Peramiho	390·56	390·78	—0·22

Die berechneten Werte stimmen mit den Beobachtungen so gut überein, als es nach der Analogie mit den wiederkehrenden Sternschnuppenschauern zu erwarten war, denn die größte Differenz übersteigt nicht $1\frac{1}{2}$ Tage. Somit ist hier ein regelmäßiges Vorschreiten des Knotens konstatiert.

Die obige Zusammenstellung regt nunmehr zwei Fragen an. Die eine bezieht sich auf die Möglichkeit einer gemeinsamen Herkunft dieser Meteoriten, die zweite auf die regelmäßige Verschiebung der Knoten.

Da die vier Eukrite einander ungemein ähnlich sind, so ist nach den früheren Erörterungen eine Übereinstimmung ihrer Bahnen zu erwarten und die der Zeit proportionale Zunahme der Knotenlängen würde voraussichtlich durch die sukzessive Bildung zu erklären sein. Die Frage, ob jene Übereinstimmung sich bestätigt, erschien im vorliegenden Falle wenigstens zum Teile beantwortet werden zu können, da für drei dieser Meteoritenfälle Angaben vorhanden sind, welche eine beiläufige Bestimmung der Bahnelemente gestatten. Ich wandte mich daher an den Herrn Hofrat G. v. Niessl, der schon früher eine Untersuchung über den Meteoritenfall von Stannern veröffentlicht hatte, mit der Bitte, auch die beiden anderen Fälle, jene von Jonzac und von Juvinas, einer Berechnung unterziehen zu wollen. Mit großer Bereitwilligkeit ging dieser auf meine Anregung ein und bemühte sich, auf Grund der oft mangelhaften Daten die Bahnberechnung durchzuführen.

Das Resultat¹ war der Ansicht von der kosmischen Zusammengehörigkeit ungünstig, indem sich herausstellte, daß

¹ Siehe diese Sitzungsber., Bd. 113, Abt. IIa, p. 1361 (1904).

die von den drei Meteoriten im Sonnensystem unmittelbar vor dem Zusammentreffen mit der Erde verfolgten Bahnen wesentlich verschieden waren. Auch die weiteren Berechnungen begegneten unter der Annahme, daß die drei verschiedenen Bahnen innerhalb des Sonnensystems durch Störungen seitens eines der großen Planeten, insbesondere Jupiters, aus ursprünglich einheitlichen oder nahezu identischen Bahnen entstanden seien, einer großen Schwierigkeit, indem zwar die Bahnen von Jonzac und Juvinas durch solche Störungen erzeugt worden sein können, die Bahn von Stannern hingegen ohne Voraussetzungen, denen nur geringe Wahrscheinlichkeit zukommt, sich nicht in gleicher Weise ableiten läßt.

Dieser Schwierigkeit läßt sich dadurch begegnen, daß die Bildungsstätte dieser drei Meteoriten in einen Punkt weit außerhalb der Planetenregion verlegt wird, wo auch störende Körper von geringer Masse eine völlige Umwandlung der ursprünglichen Bahnen veranlassen konnten. Dann ergibt sich die Möglichkeit ihrer Herkunft aus derselben Gegend des Weltraumes, wenigstens kann dem gegenüber nicht mit Sicherheit behauptet werden, daß jene Meteoriten von ganz verschiedener Abkunft seien.

Die Mitteilung G. v. Niessl's besagt also, daß aus den Beobachtungen beim Niederfallen der genannten Meteoriten kein Beweis für einen gemeinsamen Ursprung abgeleitet werden kann, wenngleich die Möglichkeit eines solchen nicht ausgeschlossen ist.

Dieses Ergebnis, das meine Erwartung täuschte, war nicht sehr ermutigend. Ich zögerte daher, meine Niederschrift, welche die erkannte Regelmäßigkeit des Eintreffens dieser und anderer gleichartiger Meteoriten beleuchten soll, zu veröffentlichen. Schließlich überwog aber meine Überzeugung, daß trotzdem hier ein Zusammenhang der Erscheinungen bestehen müsse.

Einerseits ist es die Gleichartigkeit der Eukrite, die so groß ist, daß, wenn die Steine irdischen Ursprungs wären, jeder Petrograph geneigt wäre, anzunehmen, daß dieselben von einer und derselben Eruptivmasse herrühren, andererseits war ich in der Ansicht, die regelmäßige Folge des Erscheinens der Eukrite sei nicht als ein Spiel des Zufalls zu betrachten,

dadurch bestärkt worden, daß nach der Berechnung, die ich vor 8 Jahren anstellte, sich ergab, daß in dem Falle, als in den nächsten Jahren das Niederfallen eines Eukrits beobachtet würde, dies gegen Ende Oktober eintreten sollte. In der Tat wurde diese Vorausberechnung durch den Fall des Eukrits von Peramiho am 24. Oktober 1899 bestätigt.

Obwohl es nicht gelungen ist, die Regelmäßigkeit des Eintreffens dieser Meteoriten durch eine Ähnlichkeit ihrer Bahnen im Sonnensystem zu erklären, so ist doch die Möglichkeit nicht zu bestreiten, daß durch die Betrachtung der vorliegenden Daten von einem neuen Gesichtspunkt eine solche Erklärung gelingen werde. Die vulkanische Hypothese der Meteoritenbildung leitet schon darauf, daß Meteoriten gleichen Ursprungs verschiedene Bahnen einschlagen können. Daß einige derselben trotzdem die Erdbahn in demselben Punkte oder nahe demselben schneiden, bildet ein Problem, das einstweilen wohl kaum lösbar erscheint, zu dessen Lösung aber eine Zusammenstellung dieser Schnittpunkte beitragen kann.

Diese Auffassung läßt den Versuch nicht ganz überflüssig erscheinen, die Knotenpunkte der petrographisch gleichartigen Meteoriten zu vergleichen, weil dadurch eine Anregung für künftige Forschungen gegeben ist.

Vorher wurde schon bemerkt, daß das Zusammentreffen der Gleichartigkeit von Meteoriten mit der regelmäßigen Wiederkehr ihres Falles auch dann von Bedeutung sei, wenn bezüglich der Bahn dieser Meteoriten keine Beobachtungen vorliegen, zumal wenn die Zahl der Fälle eine größere ist. Dieser Ansicht folgend, will ich die Knotenpunkte sowohl der vier genannten, im strengsten Sinne gleichartigen Eukrite, als der zwei denselben nahestehenden Meteoriten von Petersburg und Shergotty, für welche keine genaueren Falldaten bekannt sind, einer Betrachtung unterziehen.

Wird auch hier angenommen, daß die Verschiebung des Knotens der Zeit proportional erfolgt, so erhält man nach Bestimmung der Konstanten durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate für die Knotenlänge L die Formel

$$L^{\circ} = 230 \cdot 04 + 1 \cdot 5953t,$$

in welcher t die Jahreszahl minus 1800 bedeutet. Dieser entsprechend ergeben sich im Vergleiche mit der Beobachtung folgende Zahlen:

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1808, Stannern	242·13	242·80	—0·67
1819, Jonzac	262·45	260·35	+2·10
1821, Juvinas	265·20	263·54	+1·66
1855, Petersburg	313·45	317·77	—4·32
1865, Shergotty	332·38	333·73	—1·35
1899, Peramiho	390·56	387·98	+2·58

Die Übereinstimmung der beobachteten und berechneten Werte ist eine befriedigende. Immerhin ergeben sich Abweichungen, die bis $4\cdot32^\circ$ gehen, wonach für den Meteoritenstrom, der hier angenommen werden kann, ungefähr das doppelte zu nehmen wäre, also die Breite des Stromes beim Durchschnitte mit der Erdbahn mindestens $8\cdot6^\circ$ ausmachen würde. Diese Breite ist von einem Betrage, der nichts Unwahrscheinliches darbietet. Übrigens lassen sich die Knotenlängen mit einer noch größeren Annäherung an die beobachteten berechnen, wenn zwar eine der Zeit proportionale Zunahme, zugleich aber ein periodisches Schwanken dieses Fortschrittes angenommen wird (Anmerkung 3).

Für eine Periode von 72 Jahren erhielt ich die Zahlen:

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1808, Stannern	242·13	242·64	—0·51
1819, Jonzac	262·45	261·78	+0·67
1821, Juvinas	265·20	264·98	+0·22
1855, Petersburg	313 45	314·24	—0·79
1865, Shergotty	332·38	331·56	+0·82
1899, Peramiho	390·56	391·00	—0·44

Hier ist die Übereinstimmung eine so vollkommene, daß die größte Differenz noch nicht einen vollen Tag ausmacht. Der Kreuzungspunkt des angenommenen Meteoritenstromes würde, nach dieser Berechnung zu urteilen, in einem Jahrhundert um beiläufig 160° vorschreiten. Es erscheint aber auch

möglich, daß nach längerer Zeit eine Verschiebung im entgegengesetzten Sinne eintritt.

Die hier erkannte Regelmäßigkeit verdient aus dem Grunde besonders hervorgehoben zu werden, weil alle bisher bekannten Eukrite derselben folgen, keine Ausnahme stattfindet und die Zahl 6 der dieser Gruppe angehörigen Fälle so erheblich erscheint, daß die Wahrscheinlichkeit ihrer astronomischen Zusammengehörigkeit eine sehr große ist.

V. Fallzeiten der Howardite und nahestehender Meteoriten.

Den Eukriten sind die Howardite ähnlich, doch unterscheiden sich diese durch einen wesentlichen Bronzitegehalt und dem entsprechend in chemischer Beziehung durch die geringere Menge von Calcium. Die Struktur ist die einer feinen Breccie, was hier als tuffartig bezeichnet wird (Anmerkung 1 und 4). Unter den Juli – August-Meteoriten sind drei Howardite hervorzuheben:

	Geogr. Länge	Knoten- länge
Nobleborough, 1823, Aug. 7, um 4 ^h 30 ^m p. . .	69° 40' W	315·55°
Le Teilleul, 1845, Juli 14, um 3 ^h p.	0 53 W	292·70
Pawlowka, 1882, Aug. 2, um 4 ^h 30 ^m p. . .	42 20 O	310·53

Hier zeigt sich eine große Verschiedenheit der Knotenlängen, so daß eine Zusammengehörigkeit kaum erkennbar ist. Wird jedoch auch in diesem Falle außer einer der Zeit proportionalen Abnahme auch ein gleichzeitiges Schwanken dieser Abnahme vorausgesetzt und so wie bei den Eukriten eine 72jährige Periode angenommen (Anmerkung 3), so berechnen sich die Knotenlängen mit großer Annäherung an die Beobachtung.

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1823, Nobleborough	315·55°	315·40°	+0·15
1845, Le Teilleul.	292·70	292·54	+0·16
1882, Pawlowka	310·53	310·65	—0·30

Ähnlich wie diese verhalten sich die Fallzeiten dreier Juni-Meteoriten, von denen jedoch die ersten zwei zu den bronzitischen Gemengen gehören und nur der dritte zu den Howarditen gezählt wird (Anmerkung 1).

		Geogr. Länge	Knoten- länge
Manegaon, 1843, Juni 29, um 3 ^h 30 ^m p.		75° 37' O	277·77°
Ibbenbüren, 1870, Juni 17, um 2 ^h p.		7° 42' O	266·50
Jodzie, 1877, Juni 17, um 4 ^h 30 ^m p.		24° 22' O	266·28

Auch hier ergibt sich eine vollständige Übereinstimmung der Rechnung mit der Beobachtung, wenn dieselben Voraussetzungen gelten wie vorhin und wiederum eine Schwankungsperiode von 72 Jahren angenommen wird (Anmerkung 3).

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1843, Manegaon	277·77°	277·71°	+0·06
1870, Ibbenbüren	266·50	266·52	—0·02
1877, Jodzie	266·28	266·32	—0·04

Als zusammengehörig werden oft jene Meteoritenfälle betrachtet, welche sich um die erste Hälfte des Dezember ereignen, wegen des beiläufigen Zusammentreffens mit der Erscheinung des Kometen Biela.

Werden diejenigen ausgewählt, deren Meteoriten vermöge ihrer Zusammensetzung als ähnlich anzusehen sind, so ergibt sich die Reihe:

1803, Dezember 13. Massing,
 1813, Dezember 13. Luotolaks,
 1850, November 30. Shalka,
 1852, Dezember 2. Busti,
 1868, Dezember 5. Frankfort.

Von diesen sind die drei Howardite Massing, Luotolaks und Frankfort einander sehr ähnlich, während Shalka und Busti schon zu der folgenden Abteilung der bronzitischen Gemenge zu stellen sind.

Dies könnte indes als Verschiedenheit infolge lokaler Ausbildung aufgefaßt werden (Anmerkung 1). Immerhin erscheint die Vereinigung zu einer gleichartigen Gruppe etwas gewagt. Die Berechnung der Knotenlängen ergibt sich aus folgenden Daten, wobei zu bemerken ist, daß bei Luotolaks und Busti die Rechnung für die Mittagszeit geführt wurde.

		Geogr. Länge	Knoten- länge
Massing,	1803, Dez. 13, um 10 ^h 30 ^m a. . . .	12° 36' O	81·83°
Luotolaks,	1813, Dez. 13, bei Tage	27° 49' O	82·30
Shalka,	1850, Nov. 30, um 4 ^h 30 ^m a.	87° 22' O	68·12
Busti,	1852, Dez. 2	82° 42' O	70·97
Frankfort,	1868, Dez. 5, um 3 ^h p.	85° 5' W	74·50

Die Zahlen für die Knotenlängen geben im Mittel 75° 54' und die Differenzen zwischen der Beobachtung und dieser Mittelzahl betragen:

$$+6\cdot29, \quad +6\cdot76, \quad -7\cdot42, \quad -4\cdot57, \quad -1\cdot04.$$

Wird hier angenommen, daß der Durchschnitt an der Erdbahn statt konstant zu bleiben, sich periodisch verschiebt, um wieder zur selben Stelle zurückzukehren, so berechnen sich für eine 80jährige Periode, innerhalb welcher die Knotenlänge schwankt (Anmerkung 3), nachstehende Zahlen:

	Beob.	Rechnung	B.—R.
1803, Massing	81·83	81·59	+0·24
1813, Luotolaks.	82·30	81·98	+0·32
1850, Shalka	68·12	69·32	-1·20
1852, Busti.	70·97	69·48	+1·49
1868, Frankfort	74·50	75·29	-0·79

Shalka und Busti, welche von den drei übrigen in petrographischer Beziehung abweichen, geben auch die größeren Differenzen.

Die übrigen Meteoriten von ungewöhnlicher Zusammensetzung lassen sich bezüglich der Knotenlängen nicht in solche Reihen bringen (Anmerkung 5).

VI. Falltage der Chondrite.

Diese Abteilung der Meteoriten ist die umfangreichste. Von je 100 Meteoriten bekannter Fallzeit gehören ungefähr 86 zu den Chondriten. Ihrer Beschaffenheit nach lassen sich dieselben größtenteils in eine Reihe bringen, deren Glieder von einander wenig abweichen, auch die typisch aussehenden Glieder sind in der Reihe mit den benachbarten meist durch Übergänge verbunden. Unter diesen Umständen ist es schwer, solche Gruppen aufzufinden, deren Glieder gleichartig wären und sich von den übrigen Chondriten abheben würden. Die Gleichartigkeit müßte aber nicht bloß durch die äußere Beschaffenheit, sondern auch durch eine chemische Ähnlichkeit begründet sein. Dazu reichen aber, wie schon bemerkt wurde, die bisherigen Untersuchungen nicht aus.

Aus allen diesen Gründen bietet die heutige Kenntnis der Chondrite zu wenig Anhaltspunkte für eine Zusammenstellung der Fallzeiten solcher Meteoriten, die miteinander unzweifelhaft gleichartig sind.

Früher wurde schon ein Beispiel angeführt, welches zeigt, daß vier als weiße Chondrite bezeichnete Meteoriten, die nicht genauer untersucht sind, die Fallzeiten vom 8. und 9. Mai aufweisen. Hier möge noch ein zweites Beispiel Platz finden, welches die bei den Chondriten herrschenden Verhältnisse von einer anderen Seite beleuchtet.

1785,	Februar 19. . . .	Eichstädt,
1814,	» 15. . . .	Bachmut,
1853,	» 10. . . .	Girgenti,
1875,	» 12. . . .	West-Liberty.

Diese Gruppe zeigt eine Verschiebung der Knoten von einer ziemlich großen Regelmäßigkeit, zugleich sind alle vier Meteoriten bezüglich der chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich (Anmerkung 6), sie sind aber in Bezug auf ihre Struktur ungleich, indem Eichstädt als Kugelchenchondrit, Bachmut und Girgenti als weiße Chondrite, West-Liberty als ein grauer Chondrit von breccienartigem Gefüge bezeichnet werden. Ob

diese Unterschiede im vorliegenden Fall als wesentliche zu betrachten sind, läßt sich gegenwärtig nicht entscheiden.

VII. Falltage der Meteoreisen.

Unter den Meteoreisen sind zwei einander ähnliche von ungefähr gleicher Fallzeit zu erwähnen:

Charlotte, Dickson Cty. Tennessee 1835, Juli 31 oder August 1,
Quesa, Prov. Valencia, Spanien . . . 1898, August 1.

Beide Eisen bestehen aus dünnen, oktaedrischen Lamellen und der Nickelgehalt wurde zu 8 und 10% bestimmt. Eine Zusammengehörigkeit ist nicht unwahrscheinlich. Da bisweilen Meteoriten gefunden werden, die ein Gemenge von Eisen und Howardit darstellen (Grahamite), so könnte daran gedacht werden, diese beiden Meteoritenfälle mit den früher erwähnten howarditischen Augustmeteoriten in Zusammenhang zu bringen.

VIII. Übersicht.

1. Das Material der Sternschnuppen scheint von dem der Meteoriten bloß durch lockere Beschaffenheit und das Vorwalten von Kohlenwasserstoffen und salzartigen Verbindungen verschieden zu sein.

2. Aus den bisherigen Beobachtungen läßt sich schließen, daß die zu verschiedenen Zeiten des Jahres periodisch eintretenden Meteorschauer aus etwas verschiedenem Material bestehen und daß jedem dieser Meteorströme eine ungefähr gleichartige Beschaffenheit zukommt.

3. Dementsprechend ist zu vermuten, daß es auch Ströme von Meteoriten gibt, die beiläufig gleichartig sind und in regelmäßiger Wiederkehr eintreffen.

4. Nach der von mir entwickelten Anschauung bezüglich der Bildung der Meteoriten durch eine Zerstreung von Auswürflingen kleiner Himmelskörper können Schwärme gleichartiger Meteoriten gebildet werden, die mit der Erde in regelmäßiger Folge zusammentreffen.

5. Nach diesen Voraussetzungen gewinnen die Daten bezüglich der Bahnen und demzufolge bezüglich der Knotenpunkte gleichartiger Meteoriten eine genetische Bedeutung.

6. Werden von den Meteoritenfällen jene ausgewählt, welche gleichartige Produkte lieferten, die sich auch von allen übrigen unterscheiden, so ergeben sich Regelmäßigkeiten bezüglich ihrer Knotenpunkte.

7. Das Eintreffen der calciumreichsten Meteoriten (Eukrite) läßt eine bestimmte Wiederkehr und zugleich eine regelmäßige Folge der Knotenpunkte erkennen, indem hier eine jährliche Verschiebung von $1^{\circ} 36'$ eintritt.

8. Die Bahnberechnung für drei der Eukrite ergab unter Annahme von Störungen durch Himmelskörper außerhalb des Bereiches der bekannten Planeten bloß die Möglichkeit einer gemeinsamen Herkunft dieser Meteoriten.

9. Für einige Meteoriten, die sich den Eukriten anreihen, ergeben sich Regelmäßigkeiten in demselben Sinne und jene Gruppe, deren Fallzeiten in die erste Hälfte des Dezember treffen, zeigt ein regelmäßiges Schwanken der Knotenlängen innerhalb bestimmter Grenzen.

Anmerkung 1.

G. Rose hat eine Einteilung vorgeschlagen, derzufolge jene Meteoriten, die eine gleiche Kombination der Gemengteile darstellen, unter derselben Gruppenbezeichnung zusammengefaßt werden.¹ Diese Klassifikation wurde von mir unter Berücksichtigung der späteren Forschungsergebnisse fortgesetzt und vervollständigt.² Seither sind nur geringe Veränderungen dieser Gruppierung eingetreten.

Eine solche Einteilung bezieht sich mehr auf die Anordnung einer großen Sammlung, als auf die petrographische Zusammengehörigkeit der bisher aufgesammelten Meteoriten. Soll eine hierauf bezügliche Übersicht erhalten werden, so ist zu berücksichtigen, daß die einzelnen Meteoritenfälle immer

¹ Beschreibung und Einteilung der Meteoriten. Abhandlungen der Berliner Akad., 1864, p. 23 bis 161.

² Beitrag zur Klassifikation der Meteoriten. Diese Sitzungsber., Bd. 88, Abt. I, p. 347 (1883), und: Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten. Stuttgart 1883.

nur je eine Probe aus einer größeren Masse, die nicht vollkommen gleichartig ist, darstellen. In einer solchen können allerlei lokale Abweichungen von dem normalen Bestande vorkommen. Denkt man sich aus vielen Bruchstücken von Granit einzelne herausgenommen, so werden solche wohl häufig das Granitgemenge darstellen, nicht selten wird aber das einzelne Stück als Quarz oder als Feldspat, mitunter auch als Glimmer oder vielleicht als Turmalin zu bezeichnen sein. Die den Meteoriten zu Grunde liegende Masse ist aber nicht so homogen wie gewöhnlich der Granit. Man sieht an den einzelnen Stücken, die von einem sogenannten Steinregen herrühren, wie z. B. an den Meteoriten von Stannern, eine große Ungleichförmigkeit, so daß einzelne Steine gar nicht der durchschnittlichen Beschaffenheit entsprechen. Es darf auch nicht übersehen werden, daß bei der Untersuchung der Meteoriten wegen Kostbarkeit des Materials immer nur kleine Teile eines größeren Stückes für die petrographische und chemische Analyse benutzt werden. Wir sind bei der Prüfung der Meteoriten auch nicht in der Lage, wie bei anstehendem Gestein, die Übergänge der einzelnen Typen zu studieren und so zu bestimmen, was als normales Gemenge und was als ein Übergangsglied zu betrachten ist.

Um die petrographische Gleichartigkeit und Verschiedenheit hervortreten zu lassen, kann die folgende Übersicht dienlich sein. Durch die in Klammern stehenden Ziffern wird angegeben, wie viele unter den Meteoriten, deren Fall beobachtet wurde, zu je einer Gruppe gehören.

A. Feldspatführende Gemenge.

Eukrit, wesentlich aus Augit und Anorthit bestehend, untergeordnet auch Bronzit. Struktur ophitisch, bisweilen tuffartig. Alle sind genauer untersucht (6). Hierher gehören die Steine von Stannern, Jonzac, Juvinas, Shergotty, Peramiho, Petersburg. Der letztere wurde wegen tuffartiger Struktur von einigen Forschern zur nächsten Gruppe gestellt. Er ist aber den vorigen chemisch gleichartig und die Struktur kann angesichts der an dem Steinregen von Stannern gemachten Beobachtung von Steinen mit Tuffstruktur neben solchen von

kristallinischem Gefüge nicht zur Trennung berechtigen. Der Meteorit von Shergotty reiht sich an die Eukrite. Der isotrope Feldspatgemengteil (Maskelynit) entspricht seiner chemischen Zusammensetzung nach einem Labradorit. Es erscheint mir nicht zweifelhaft, daß ursprünglich Labradorit vorhanden war und dieser, wahrscheinlich durch später eingetretene Temperaturerhöhung, in eine isotrope Masse verwandelt wurde. Beispiele dafür liefern Erscheinungen in anderen Meteoriten. Prof. F. Becke, dessen Autorität im Gebiete der Feldspate allgemein anerkannt ist, bestätigte nach Prüfung der Dünnschliffe, daß die äußere Form und die Erscheinung im gewöhnlichen Lichte, welche das Detail der Plagioklastextur erkennen läßt, vollkommen einem Labradorit entspricht. Einem in dem Wiener Hofmuseum aufbewahrten Eukrit, welcher mit dem von Stanern identisch ist, wurde früher der Fallort Konstantinopel zugeschrieben. Ich habe schon vor langer Zeit diesen Fallort als höchst zweifelhaft bezeichnet¹ und bin in meiner Ansicht durch den Mangel jeder verbürgten oder zuverlässigen Nachricht bestärkt worden.

Howardit, wesentlich aus Augit, Bronzit, Anorthit bestehend. Struktur tuffartig. Zum großen Teile nicht genauer untersucht (9). Reiht sich an die Eukrite. Manche Exemplare lassen sogar kleine Bruchstücke von Eukrit erkennen. Durch den Gehalt an Bronzit mit der folgenden Gruppe verbunden. Hierher werden gezählt die Steine von Massing, Luotolaks, Nobleborough, Bialystok, Le Teilleul, Zmenj, Frankfort, Jodzie, Pawlowka.

B. Feldspatarme bis feldspatfreie bronzitische Gemenge.

Meist kristallinisch-körnig. Ein ungewöhnliches Gemenge von Diopsid und Enstatit repräsentiert der Stein von Busti. Jener von Aubres wird als zugehörig bezeichnet.

Chladnit, wesentlich aus Bronziten (Enstatit und Bronzit) bestehend (4). Zugehörig Bishopville, Manegaon, Shalka, Ibbenbüren.

¹ Mineralogische Mitteilungen, Bd. II, p. 85 (1872).

C. Olivinhaltige kristallinische Steine.

Der Meteorit von Angra, wohl eine lokale Ausbildung olivinhaltiger Massen, besteht aus Augit und wenig Olivin. Ähnlich verhält es sich mit dem Stein von Novo Urei.

Amphoterit, ein Gemenge von Olivin und Bronzit (2). Als zugehörig werden Manbhoom und Roda bezeichnet. Der Stein von Jelica hat schon chondritische Ausbildung, jener von Chassigny besteht fast nur aus Olivin.

D. Bronzit- und Olivingemenge mit Kügelchen.

Chondrit. Dem Amphoterit entsprechende Gemenge mit Chondren und meist mit Flittern von Eisen und Magnetkies. Grundmasse kristallinisch, tuffartig, selten halbglassig oder fehlend (nahezu 300). Diese Abteilung wird nur durch das Vorkommen der Chondren zusammengehalten. Im einzelnen zeigen sich große Unterschiede in der Beschaffenheit der Grundmasse und der Kügelchen, daher nach der physikalischen Beschaffenheit mehrere Gruppen aufgestellt werden können. Da jedoch nur ein Teil dieser Steine chemisch untersucht ist, so fehlt eine sichere Grundlage der Klassifikation und es muß die Entscheidung über die Gleichartigkeit noch hinausgeschoben werden.

E. Leichte, durch Kohle und Kohlenwasserstoffe gefärbte Steine.

Kohlige Meteoriten, von tuffartiger Struktur. In der von Kohle und Kohlenwasserstoff durchtränkten Grundmasse wurden auch Kügelchen beobachtet (7). Obwohl diese Steine gewöhnlich den Chondriten angeschlossen werden, so zeigt doch deren physikalische Beschaffenheit eine besondere Bildungsweise an.

F. Eisen, mit Silikaten gemischt.

Sie enthalten die Gemengteile des Howardits Chladnits, Chassignits, Amphoterits in einer Eisengrundmasse. Nur letztere,

als Mesosiderit bezeichnet (4), sind unter den Meteoriten, deren Fall beobachtet wurde, repräsentiert.

G. Meteoreisen.

Vorwiegend aus Nickeleisen bestehend (9).

Anmerkung 2.

Die Ähnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung der Eukrite geht aus folgenden Zahlen hervor:

	Stannern Rammelsberg	Juvinas Rammelsberg	Petersburg Smith	Shergotty Lumpe	Peramiho Ludwig
SiO ₂	48·30	48·33	49·21	50·21	49·32
TiO ₂	—	0·10	—	—	0·42
Al ₂ O ₃	12·65	12·55	11·05	5·90	11·24
Fe ₂ O ₃	—	1·21	—	—	—
FeO	19·32	19·48	20·41	21·85	20·65
MnO	0·81	—	0·04	—	—
MgO	6·87	6·44	8·13	10·00	7·15
CaO	11·27	10·23	9·01	10·41	10·84
Na ₂ O	0·62	0·63	0·83	1·28	0·40
K ₂ O	0·23	0·12	—	0·57	0·25
Außerdem	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
	100·61	100·97	99·24	100·22	100·38
Dichte	3·17	3·11	3·28	3·28	3·08

a = Chromit 0·54, Schwefel Spur.

b = Fe 0·16, S 0·09, Chromit 1·35, P₂O₅ 0·28.

c = Fe 0·50, S 0·06, Ni, P Spur.

d = Magnetit (von mir separat bestimmt) 4·57, S Spur.

e = S 0·23, ab Sauerstoff 0·12.

Der Stein von Shergotty weicht in der Zusammensetzung etwas von den übrigen ab, gleichwie er durch den eigentümlichen Feldspatbestandteil etwas verschieden ist. In der Struktur gleicht er den kristallinen Eukriten.

Anmerkung 3.

Die Abweichung der nach angegebener Formel berechneten Werte für die Knotenlängen der Eukrite zeigen eine Regelmäßigkeit, welche sich darin ausspricht, daß die Differenzen entsprechend der Zeit ihr Vorzeichen wechseln:

1808	1819	1821	1855	1865	1899
-0·67	+2·10	+1·66	-4·32	-1·35	+2·58

Ich möchte angesichts der Unsicherheit, welche das hier berührte Problem darbietet, auf diese Wahrnehmung weiter keinen Nachdruck legen und will nur andeuten, daß bei Annahme einer Periode von 72 Jahren für das Schwanken in der Zunahme der Knotenlängen sich ein ziemlich genauer Anschluß an die Beobachtungen ergibt. Das Resultat der Berechnung nach der Formel:

$$E = 229·55 + 1·624t + 3 \sin \frac{t}{72} \pi,$$

worin t die Jahreszahl minus 1801, ist im Text angeführt. Demnach wäre der Charakter der Schwankung dieser, daß die Verschiebung der Knotenlänge im Anfange der Periode rascher als durchschnittlich erfolgt, diese Beschleunigung aber nach 18 Jahren wieder abnimmt und mit 36 Jahren = 0 wird, worauf eine Verzögerung eintritt, die 18 Jahre später ihr Maximum erreicht u. s. w.

Nach der gleichen Formel, jedoch mit anderen Konstanten, lassen sich die Knotenlängen der drei Howardite: Nobleborough, Le Teilleul und Pawlowka berechnen. Diese ist:

$$E = 302·70 - 0·025t + 14·1 \sin \left(\frac{t}{72} \pi \right),$$

worin t die Jahreszahl minus 1801.

Auch die als zusammengehörig betrachtete Gruppe: Mane-gaon, Ibbenbüren, Jodzie gestattet eine Berechnung der Knotenlängen durch Anwendung der gleichen Formel mit anderen Konstanten, nämlich:

$$E = 298 \cdot 25 - 0 \cdot 439t + 4 \cdot 2 \sin\left(\frac{t}{72} \pi\right),$$

worin t dieselbe Bedeutung hat, wie in der zuletzt angeführten Formel.

Für die Meteoritenfälle um den Anfang Dezember, nämlich Massing, Luotolaks, Shalka, Busti, Frankfort ergibt sich keine kontinuierliche Verschiebung des Knotens, vielmehr ein Schwanken zwischen den Grenzen 82° und 68° . Bei Annahme einer 80jährigen Periode wurde gerechnet nach der Formel:

$$E = 75 \cdot 8 + 6 \cdot 5 \sin\left(\frac{t}{80} \pi\right),$$

in welcher t die Jahreszahl minus 1789. Die Schwankungs-breite würde sonach ungefähr 13 Tage betragen.

Anmerkung 4.

Für den Vergleich der Howardite mit dem Eukrit ist folgende Zusammenstellung dienlich:

	Howardit			Eukrit	
	Massing Schwäger	Frankfort Brush und Mixer	Zmenj Melikow	Peramho Ludwig	Shergotly Lumpe
SiO ₂	53·11	51·33	48·18	49·32	50·21
Al ₂ O ₃	8·20	8·05	8·06	11·24	5·90
FeO.....	19·14	13·70	14·48	20·65	21·85
MnO.....	—	—	2·17	—	—
MgO.....	8·49	17·59	16·81	7·15	10·00
CaO.....	5·79	7·03	5·84	10·84	10·41
Na ₂ O.....	1·93	0·45	1·75	0·40	1·28
K ₂ O.....	1·19	0·22	0·38	0·25	0·57
Außerdem.....	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
	99·72	99·02	99·95	100·38	100·22

$$a = \text{FeS } 0\cdot37, \text{ Fe}_2\text{Ni } 0\cdot52, \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ } 0\cdot98.$$

$$b = \text{S } 0\cdot23, \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ } 0\cdot42.$$

$$c = \text{FeS } 1\cdot32, \text{ Fe}_2\text{Ni } 0\cdot32, \text{ FeCr}_2\text{O}_4 \text{ } 0\cdot56, \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ } 0\cdot08.$$

$$d = \text{S } 0\cdot23.$$

$$e = \text{S Spur.}$$

Der Unterschied zeigt sich vor allem in den Zahlen für CaO, aber auch für FeO. Selbst der von den übrigen Eukriten etwas abweichende Stein von Shergotty läßt die Verschiedenheit in diesen beiden Stoffen erkennen.

Anmerkung 5.

Die früher nicht angeführten Fälle, welche Steinmeteoriten von ungewöhnlicher Zusammensetzung lieferten, sind die folgenden:

			Geogr. Länge	Knoten- länge
Aubres,	1836, Sept. 14, um 3 ^h p.	5° 8' O	352° 67	
Novo Urei,	1886, Sept. 22, » 7 ^h 15 ^m a. . .	43 41 O	359·27	
Chassigny,	1815, Okt. 3, » 8 ^h a.	5 23 O	10·40	
Bialystok,	1827, Okt. 5, » 9 ^h 30 ^m a. . .	23 10 O	12·30	
Manbhoom,	1863, Dez. 22, » 9 ^h a.	86 33 O	90·20	
Angra,	1869, Jänn. 20, » 5 ^h a.	44 10 W	120·49	
Bishopville,	1843, März 25, bei Tage . . .	80 12 W	185·22	

Alle diese Meteoriten sind, ihrer Zusammensetzung nach, voneinander verschieden.

Anmerkung 6.

Die chemische Zusammensetzung der vier zuletzt angeführten Chondrite läßt sich aus den folgenden Zahlen erkennen, welche die prozentischen Mengen bezüglich der Silikate nach der Berechnung von Rammelsberg,¹ ferner unter *L* die entsprechenden Quantitäten des durch Säure auflösbaren Antheiles, endlich unter *F* die in 100 Theilen der Meteoriten gefundenen Mengen von Eisen, Magnetkies und Chromerz angeben.

¹ Abhandlungen der Berliner Akademie, 1879.

	Eichstädt Schwager	Bachmut Wöhler	Girgenti v. Rath	West-Liberty Rammelsberg
SiO ₂	46·13	46·18	46·61	46·88
Al ₂ O ₃	3·22	3·38	1·68	2·40
FeO.....	20·02	18·56	19·22	17·49
MgO.....	27·35	29·19	28·89	31·36
CaO.....	0·93	1·78	1·99	1·41
Na ₂ O.....	1·48	0·55	1·61	0·46
K ₂ O.....	0·28	0·24	—	—
<i>L</i>	44·6	49	—	50
<i>F</i>	27	18	15	17

Inhalt.

	Seite
I. Meteoriten und Sternschnuppen	1
II. Die vulkanische Theorie der Meteoritenbildung	7
III. Die Falltage gleichartiger Meteoriten	11
IV. Fallzeiten der Eukrite	14
V. Fallzeiten der Howardite und nahestehenden Meteoriten	21
VI. Falltage der Chondrite	24
VII. Falltage der Meteoreisen	25
VIII. Übersicht	25
Anmerkungen 1 bis 6	26