

Die Bildung der Meteoriten und der Vulcanismus.

Von G. Tschermak.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. April 1875.)

Als durch Howard, Klaproth, Vauquelin, Berzelius die chemische Elementarzusammensetzung vieler Meteoriten ermittelt worden war, ergab sich, dass die Grundstoffe der Meteoriten durchwegs solche seien, welche auch in der Erdrinde in grösserer Menge vorkommen. Schon früher war durch Chladni die planetare Natur dieser merkwürdigen Massen erkannt worden.

Die Verbindung beider Ergebnisse liess vermuthen, dass auch die übrigen Himmelskörper aus denselben Grundstoffen aufgebaut seien wie unsere Erde. Durch die von Kirchhoff und Bunsen angebahnte spectrale Untersuchung des Lichtes der Sonne wurde diese Vermuthung hinsichtlich unseres Centralkörpers zur Gewissheit erhoben und durch die von Secchi, Huggins und Miller ausgeführten Beobachtungen der Spectra der Fixsterne die Wahrscheinlichkeit begründet, dass das Universum aus den gleichen Grundstoffen bestehe.

Wie die Analyse der Meteoriten die Erkenntniss der stofflichen Natur der Himmelskörper begründete, so verspricht die Betrachtung der Form dieser Körper uns den Einblick in die Vorgänge auf den Gestirnen und in die Veränderungen, denen sie unterliegen, zu eröffnen.

Die Form der Meteoriten ist merkwürdig. Man hat dieselbe früher wenig beachtet, doch ist die Thatsache, dass die Meteoriten in Trümmergestalt erscheinen, höchst sonderbar. Es ist bekannt, dass Jeder, der blos von der planetaren Natur der Meteoriten gehört hat und zum erstenmale eine Meteoriten-sammlung sieht, sehr erstaunt ist zu finden, dass diese Körper nicht rund sind wie die Planeten, sondern eckig, oft scharfkantig

und dass auch im Innern keine concentrische Anordnung bemerkbar.

Haidinger untersuchte die Oberfläche der Meteoriten mit grosser Sorgfalt und kam zu der Überzeugung, dass die dunkle Rinde und die Abrundungen der Kanten nichts Ursprüngliches seien, sondern dass der Meteorit erst beim Durchschneiden der Luft sich mit einer dünnen Rinde überzog und dabei seine scharfen Kanten einbüsste. Jeder Meteorit hat also, bevor er in die irdische Atmosphäre eintrat, eine kantige Form besessen, die Mehrzahl war geradezu scharfkantig. Die Flächen dieser kantigen Stücke waren aber Bruchflächen, jeder Meteorit bildet ein Bruchstück, jeder ist also durch Zerbrechen, durch Zertrümmern einer grösseren Masse zu dieser Gestalt gekommen.

Alle Sammlungen, welche vollständige Meteoriten enthalten, liefern Beispiele, welche dies unwiderleglich darthun. In der Wiener Sammlung sind hierin das Meteoreisen von Agram, jenes von Ilimä, die Steine von Knyalinya, Seres, Lancé, Chantonnay, Orvinio, Tabor, Pultusk, Stannern etc. ausgezeichnet. Die äussere Form dieser und der anderen Meteoriten steht in keinem Zusammenhange mit der Beschaffenheit des Innern, sie ist ganz zufällig.

Man könnte nun glauben, die Zertrümmerung sei in der Luft geschehen, und in der That kommen, wenn auch selten, Fälle vor, in welchen schon der Anblick der Rinde des Meteoriten lehrt, dass derselbe während des Fluges durch die Atmosphäre geborsten sei, doch ändert dies nichts an der Thatsache, dass die Meteoriten bereits als Trümmer die Atmosphäre erreichen. Bei dem Meteoritenfall unweit Butsura in Ostindien (12. Mai 1861) wurden fünf Stücke in Entfernungen bis zu 6 englischen Meilen von einander entfernt aufgefunden. Als Maskelyne in London diese Stücke zusammenpasste, konnte er die ursprüngliche Gestalt des Meteoriten, bevor derselbe in der Atmosphäre barst, reconstruiren. Es zeigte sich, dass er die Gestalt einer verhältnissmässig dünnen gekrümmten Scholle gehabt habe. Die ungleiche Erhitzung in der Luft musste einen solchen Körper zum Bersten bringen. Dieses Beispiel erspart

die Anführung aller Thatsachen, welche beweisen, dass die Meteoriten nicht als runde, den Planeten ähnliche Körper in die Atmosphäre eintreten.

Die Meteoriten kommen also immer nur als Bruchstücke, als Schollen, als Partikel zu uns, die von einer oder von mehreren grösseren planetarischen Massen abstammen. Ob es nun eine einzige Masse war, welche diese Trümmer lieferte, oder ob es mehrere waren, der Umfang einer solchen Masse muss ein ziemlich bedeutender gewesen sein.

Man findet nämlich bei den meisten Eisenmeteoriten ein Gefüge, welches zeigt, dass jeder ein Theil eines grossen Krystallindividuums ist. Die Bildung so grosser Individuen setzt aber, wie schon Haidinger bemerkte, lange Zeiträume ruhiger Krystallisation bei gleich bleibender Temperatur voraus, und dies kommt nur einem grösseren Weltkörper zu. An vielen Meteorsteinen bemerkt man Rutschflächen (z. B. Chateau Renard, Pultusk, Alessandria), welche genau den in den Felsmassen der Erde auftretenden Rutschflächen gleichen und die Absonderung und Verschiebung grösserer Massen beweisen. Manche zeigen eine Zusammenfügung aus eckigen Bruchstücken, wie das Meteoreisen von Copiapo, das von Tula, die Steine von Chantonay, Orvinio, Weston, welche den Breccienbildungen der irdischen Felsmassen entsprechen.

Viele Steine bestehen aus sehr kleinen Bruchstücken, aus winzigen Splintern und sind den vulcanischen Tuffen ähnlich. Diese Erscheinungen deuten wiederum auf die Herkunft von grösseren Himmelskörpern, auf welchen mechanische Veränderungen stattfanden.

Wir gelangen also zu der Vorstellung, dass eine oder mehrere grössere Massen, die schon einen längeren Bildungsprocess durchgemacht hatten, das Material zu den Meteoriten geliefert haben.

Zu diesem Resultate sind schon viele Forscher gelangt, welche sich mit dem Studium der Meteoriten beschäftigen. Daubrée versuchte es, die nächstliegende Frage zu beantworten, wie man sich den Vorgang der Zertrümmerung zu denken habe und blieb bei der Alternative stehen, dass die Zertrümmerung

entweder durch Zusammenstoss oder durch Explosion erfolgt sein müssse ¹.

Der Gedanke, dass kleinere Planeten durch Zusammenprallen und Zertrümmern grösserer Himmelskörper gebildet werden könnten, ist schon von Olbers bezüglich der Asteroiden ausgesprochen worden². Später haben D'Arrest und C. v. Littrow durch sorgfältige Berechnung die Möglichkeit einer Begegnung der Asteroiden geprüft.

Bei einem Zusammenstoss zweier fester Himmelskörper, die sich mit Planetengeschwindigkeit gegen einander bewegen, würde an der Berührungsstelle eine Schmelzung oder gar eine Verdampfung eintreten³, im übrigen würde eine Zertrümmerung erfolgen, die Trümmer würden stark zerstreut werden und würden Geschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen erhalten. So liesse sich die Bildung der Meteoriten wohl erklären, doch ist zu bedenken, dass bei einer solchen Zertrümmerung nicht bloss kleine, sondern auch grosse Bruchstücke entstehen müssten. Die Meteoriten sind aber durchwegs klein. Die schwersten unter den bekannten sind der Meteorstein von Knyahinya im Wiener Mineralienkabinete mit 294 Kilogramm und das Meteoreisen von Cranbourne im British Museum mit 3700 Kilogramm. Die meisten Meteoriten sind aber weit unter dieser

¹ Daubrée im Journal des savants 1870 am Schlusse der Abhandlung. Meunier glaubte diesem Dilemma auszuweichen (Geologie comparée p. 296), indem er an ein freiwilliges Zerbröckeln eines Planeten denkt, der etwa so wie eine trocknende Thonplatte zersprang. Auch wenn eine solche Möglichkeit zugestanden werden könnte, würde sich weiters ergeben, dass die entstandenen Trümmer sich alle in derselben Bahn weiterbewegen, was bekanntlich bei den Meteoriten nicht der Fall ist.

² Zach, Monatl. Correspondenz. Bd. VI. p. 88.

³ Eine Masse, welche bei einer Geschwindigkeit von 3 geogr. Meilen mit einem anderen Körper zusammentrifft und dabei vollständig zur Ruhe kommt, würde in dem Falle, als alle lebendige Kraft in Wärme verwandelt wird und keine Wärme an die Umgebung verloren geht, für jede Gewichtseinheit 59630 Wärmeeinheiten entwickeln. Denkt man sich die Hälfte der Wärme durch Strahlung und Leitung verloren und nimmt man die spec. Wärme einer Meteorsteinmasse fünfmal grösser, nämlich = 1 an, um der Zunahme der spec. Wärme mit der Temperatur und um der Schmelzwärme Rechnung zu tragen, so ergibt sich noch immer eine Temperaturerhöhung von 29800° C.

Grösse, so dass ein Stein von 5 Kilo schon zu den grossen gehört.

Alle diese Stücke, auch die grössten, sind nur winzige Splitter, sind nur feiner Staub gegenüber einem sehr kleinen Planeten, wenn dieser auch nur eine Meile im Durchmesser hätte. Wenn dieser auch in eine Million gleicher Theile zersprengt würde, so wäre doch noch jeder Theil 250.000mal grösser als der grosse Stein von Knyahinya, und 10.000mal grösser als das Cranbourne-Eisen.

Es ist demnach sehr unwahrscheinlich, dass die Meteoriten ihre Gestalt einer Zertrümmerung von Planeten durch Stoss verdanken, viel wahrscheinlicher ist es, dass durch eine Wirkung von innen nach aussen, durch eine Explosion jene Zertrümmerung bis zu winzigen Stücken, die man ein Zerstäuben nennen muss, bewirkt worden.

Der Vorgang einer Explosion ist gewaltsam, er scheint der allmäligen kosmischen Entwicklung zu widersprechen, und doch ist er nicht gewaltsamer als die Bewegungen auf der Oberfläche der Sonne und der Cometen, die theils beobachtet, theils erschlossen wurden. Die explosionsartigen Erhebungen, wie sie auf der Sonne von Zöllner, Young, Respighi beobachtet worden, die Drehstürme, welche Lockyer berechnet, erfolgen mit Geschwindigkeiten, welche alles übertreffen, was wir bei Explosionen auf der Erde wahrnehmen.

Das plötzliche Aufleuchten einzelner Sterne verräth nicht minder einen gewaltsamen Vorgang, welchen J. R. Mayer nur durch einen Zusammenstoss von Fixsternen, durch eine Vereinigung derselben unter Zusammenschmelzen erklären zu können glaubt. Die Ausströmungen der Cometen erfolgen nach J. Schmidt's Beobachtungen mit einer Lebhaftigkeit, welche auf intensive Bewegungen schliessen lässt. Allen diesen Erscheinungen gegenüber ist die Vorstellung von einer Explosion, von einem Zerstäuben eines Himmelskörpers keine unnatürliche zu nennen.

Ob wir nun den Himmelskörper oder die vielen Himmelskörper, welche die Meteoriten lieferten, unter die Fixsterne, unter die Planeten oder unter die Cometen einreihen wollen, die Folgerung, dass derlei Körper durch eine Explosion zerstäubt worden seien, ist eine ganz unbedenkliche.

Trotzdem unterliegt sie demselben Einwande wie die Vorstellung von einer Zertrümmerung durch Stoss. Auch bei einer Explosion, welche einen ganzen Himmelskörper von erheblichem Umfange zertheilt, mag dieser Körper nun durchaus starr oder mag er theilweise flüssig sein, würden ausser unzähligen kleinen Trümmern auch grosse Stücke übrig bleiben, welche nun als Meteoriten ihre Wanderung antreten müssten. Man darf aber die Thatsache, dass alle Meteoriten verhältnissmässig sehr klein sind, nicht aus dem Auge verlieren und wird daher auch die Annahme einer totalen Zerstörung durch einmalige Explosion nicht billigen können.

Das Zersplittern eines solchen Himmelskörpers kann aber auch allmählig vor sich gehen. Statt einer einzigen Explosion können deren auch sehr viele gedacht werden, welche Stücke von der Oberfläche eines solchen Körpers in den Weltraum schleuderten. Dieser Vorgang könnte auf jedem Himmelskörper stattfinden, auf dem vulcanische Explosionen stattfinden, dessen Masse aber so gering ist, dass seine Schwerkraft nicht genügt, alle emporgeschleuderten Stücke wiederum an die Oberfläche zurückzuführen.

Diese Betrachtung erinnert an die schon vor längerer Zeit von Olbers, Arago, Laplace, Berzelius u. A. besprochene und neuerdings von L. Smith festgehaltene Ansicht, nach welcher der Mond, dessen Schwerkraft 6mal geringer ist als die der Erde, Stücke so weit fortzuschleudern konnte, dass sie nicht mehr zu ihm zurückkehrten. Die Möglichkeit eines solchen Vorganges auf dem Monde ist nicht zu leugnen; die mit vielen Kraterwällen bedeckte Mondoberfläche zeigt uns aber, dass doch das Meiste von den emporgeschleuderten Steinmassen wieder herabgefallen sei und Steinwälle um die Auswurfsöffnungen gebildet habe, dass also auch im günstigen Falle nur wenige Stücke in dem Weltraum verstreut wurden.

Der Menge von Meteoriten gegenüber, welche jährlich mit der Erde zusammentreffen, ist diese Quelle eine zu unbedeutende. Die Meteoriten kommen in so verschiedenen Richtungen gegen die Erde und sind so häufig, dass wir eine allgemeine Ursache annehmen müssen, die nicht im Monde allein, überhaupt nicht in einem einzigen Himmelskörper liegt.

Man darf sich also viele Himmelskörper, die zwar einen erheblichen Umfang hatten, die aber doch so klein waren, dass sie Trümmer, welche durch Explosionen emporgeschleudert worden, nicht mehr zurückzuführen vermochten, als die Werkstätten der Meteoriten denken. Dass derlei kleine Sterne in einem bestimmten Alter eine heftige explosive Thätigkeit entwickeln, ist nach der Analogie des Mondes, welcher ein viel heftigeres vulcanisches Entwicklungsstadium durchlief als die Erde, sehr wahrscheinlich. Jene kleinen Sterne verloren aber durch das beständige Fortschleudern der Trümmer fortwährend an Masse, bis sie endlich ganz in kleine Theile aufgelöst waren, die nun in den verschiedensten Bahnen den Weltraum durchziehen.

Man könnte sich versucht fühlen, in den Cometen die Überreste solcher kleiner Gestirne zu sehen und in ihren Ausströmungen die letzte Phase der zuvor geschilderten Thätigkeit zu erblicken. Es ist jedoch nicht meine Sache, in dieser Richtung weiter zu gehen, da es jenen Forschern, die mit der Natur der Cometen vertraut sind, überlassen bleiben muss, zu entscheiden, ob die bisherigen Beobachtungen geeignet sind, einen solchen Zusammenhang nachzuweisen ¹.

Es genügt mir, gezeigt zu haben, dass die Form der Meteoriten uns nöthigt anzunehmen, dass dieselben durch heftige Bewegungen, welche von dem Innern eines Gestirnes gegen dessen Oberfläche wirkten, gebildet wurden. Diese Bewegungen dürfen wir mit jenen vergleichen, welche noch gegenwärtig auf der Erde und der Sonne im selben Sinne stattfinden und welche chedem die Krater auf der Mondoberfläche aufbauten. Sie können auf verschiedenen Gestirnen verschiedene Ursachen haben, doch ist es gestattet, so lange ihre Ursache hier wie

¹ Viele Forscher wollen gegenwärtig einen Zusammenhang zwischen Meteoriten und Sternschnuppen erkennen, da die Erscheinung in der Atmosphäre in beiden Fällen fast dieselbe ist. Da durch Schiaparelli der Zusammenhang der Cometen mit den Sternschnuppen aufgefunden und erklärt wurde, ergäbe sich sodann eine Beziehung zwischen Cometen und Meteoriten von selbst. Eine Schwierigkeit bietet noch die Erfahrung, dass die Maxima der Häufigkeit der Sternschnuppen keineswegs von zahlreichen Meteoritenfällen begleitet sind.

dort unbekannt ist, alle diese Bewegungen als vulcanische zu bezeichnen.

Ob nun dieselben bloß explosiv wirkten, indem sie starres Gestein von der Oberfläche emporschleuderten oder ob sie zugleich eruptiv wirkten wie auf der Erde, wo sie Stoffe aus dem Inneren des Planeten hervorbringen, in beiden Fällen musste ein Unterschied zwischen der Schale und dem Kern des Gesteines bestehen. Da nun die Meteoriten in Gestalt scharfer Trümmer zu uns gelangen, so folgt daraus, dass die Gestirne, von denen sie abgetrennt wurden, eine starre Rinde besaßen, und wir sind genöthigt weiter zu schliessen, dass deren Inneres entweder nicht starr oder doch ganz anders zusammengesetzt gewesen sei.

Die Gestalt der Meteoriten lässt uns deren Herkunft von kleinen Gestirnen erkennen, die ähnlich gebaut waren wie unsere Erde, die aber durch eine vulcanische Thätigkeit allmählig zerstäubt wurden. Das Gefüge der Meteoriten, ihre innere Form führt um einen Schritt weiter, da sie uns einen Blick in die Geschichte jener Gestirne vor ihrer Zertrümmerung eröffnet.

Manche Meteoriten sind, wie bereits gesagt worden, von solcher Beschaffenheit, welche zeigt, dass sie durch einen allmählichen ruhigen Krystallisationsprocess gebildet wurden, andere hingegen verrathen dadurch, dass sie aus Bruchstücken zusammengefügt sind, die Wirkungen zertrümmernder Kräfte. Die meisten bestehen aus feinen Steinsplintern und runden Körnchen.

Haidinger war der erste, der den Muth hatte, die lockeren, nur aus Gesteinstaub zusammengefühten Massen mit den Zerreibungs- und Zerstäubungsproducten der irdischen Vulcane zu vergleichen und sie geradezu meteoritische Tuffe zu nennen. Das bedeutende Vorwiegen dieser Bildungen unter den Meteoriten lehrt, dass auf jenen Gestirnen, von denen sie kommen, die Ruhe viel seltener gewesen sei als die vulcanische Bewegung.

Es zeigt sich aber bei den tuffähnlichen Meteoriten eine Erscheinung, welche der Erklärung grössere Schwierigkeiten bereitet, eine Erscheinung, welche in diesem Massstabe in den Tuffen unserer Vulcane nicht auftritt. Es ist das massenhafte

Vorkommen kleiner Kugeln und Kügelchen, die jedem Beobachter sogleich auffallen. Sie charakterisiren alle tuffartigen Meteorsteine, welche, wie gesagt, die grosse Mehrzahl bilden. G. Rose nannte desshalb die letzteren Chondrite (Chondros = Kügelchen, Klümpchen).

Jene Kügelchen haben folgende für die Erkennung ihrer Bildungsweise massgebenden Eigenschaften ¹.

1. Sie liegen in einer aus feineren und gröberem Splittern bestehenden Grundmasse.
2. Sie sind immer grösser als die letzteren Splitter.
3. Sie treten immer einzeln auf, niemals zu mehreren zusammengefügt.
4. Sie sind vollkommen rund, wenn sie aus einem zähen Mineral bestehen, sonst auch blos rundlich.
5. Sie bestehen bald aus einem, bald aus mehreren Mineralen, immer aber aus genau denselben wie die Grundmasse.
6. Ihr inneres Gefüge steht in keinem Zusammenhange mit ihrer kugeligen Gestalt. Sie sind entweder Stücke eines Krystalls — oder sie sind faserig, wobei sich die Faserung gar nicht nach der Oberfläche richtet — oder sie sind wirtstänglich — oder sie sind körnig.

Die Kügelchen verhalten sich also durchaus nicht so, als ob sie durch Krystallisation zu der kugeligen Form gekommen wären, sie verhalten sich nicht so wie die Sphärolithe im Obsidian und Perlstein, die Kugeln im Kugeldiorit nicht so wie die runden Concretionen von Calcit, Aragonit, Markasit etc. Sie gleichen vielmehr jenen Kugeln, welche man öfters in den Tuffen unserer vulcanischen Bildungen sieht, z. B. die Trachytkugeln in dem Gleichenberger Trachyttuff, die Kugeln in dem Basalttuff am Venusberg bei Freudenthal, besonders aber die Olivinkugeln in dem Basalttuff von Kapfenstein und Feldbach in Steiermark.

Von diesen letzteren Kugeln ² ist es sicher, dass sie Producte der vulcanischen Zerreibung (Trituration) sind und ihre

¹ Abbildungen dieser Körper in meinen Abhandlungen in diesen Sitzungsberichten Bd. LXV, Abth. I, p. 122 (Gopalpur) und LXX, Abth. I, Nov.-Heft (Orvinio), ferner in v. Drasche's Abh. Min. Mittheil. 1875. Heft I (Lancé).

² Sie dürfen nicht etwa mit den vulcanischen Bomben verwechselt werden, die aus Lava bestehen.

Form einer continuirlichen explosiven Thätigkeit eines vulcanischen Schlotcs verdanken, durch welche ältere Gesteine zersplittert und deren zähcre Theile durch beständiges Zusammenstossen abgerundet wurden.

Die Eigenschaften der Kugclchen in den Meteoriten sprechen durchwegs für eine solche Bildung¹. Man kann sich allenfalls vorstellen, dass die Steinmassen, welche der Zerreibung ausgesetzt waren, ziemlich weich gewesen seien und würde sich dadurch der Vorstellung Daubrées nähern², welcher an ein Gestein denkt, welches in einer Gasmasse wirbelnd erstarrte; doch ist es sicher, dass die Kugclchen das Resultat einer Zerreibung sind.

Die Kugclchen sind zuweilen von mikroskopischer Kleinheit, gewöhnlich aber von Hirsekorngrösse, solche von der Grösse einer Kirsche oder kleinen Haselnuss sind sehr selten. Die Tuffkugeln in den vulcanischen Ablagerungen unserer Erde haben Haselnussgrösse bis Kopfgrösse. Dürfte man aus dieser Verschiedenheit auf die verschiedenen Dimensionen der Werkstätten schliessen, so läge es nahe, für die meteoritischen Tuffe unzählige aber winzige vulcanische Spalten als Entstehungsorte anzunehmen.

Die letzteren Tuffe sind ganz besonders charakterisirt dadurch, dass sie nicht die Spur eines schlackigen oder glasigen Gesteines, ferner niemals ausgebildete Krystalle in der Grundmasse enthalten, überhaupt gar nichts erkennen lassen, was ihre Entstehung aus Lava wahrscheinlich machte. Man sieht in ihnen nichts als Zerreibungsproducte eines krystallinischen Gesteins.

Unter den tuffähnlichen Meteoriten gibt es einige, die Merkmale einer späteren Veränderung durch Hitze an sich tragen, wie z. B. die Meteoriten von Tadjera und Belgorod³. Andere zeigen Erscheinungen, welche sich nur durch eine nach

¹ Reichenbach dachte sich die Kugclchen als kleine Meteoriten. Es ist aber doch nur die Idee von einer Planetengestalt der Meteoriten, die sich hierin widerspiegelt.

² l. c. p. 38.

³ Vgl. diese Sitzber. Bd. LXX, Abth. I, Nov.-Heft (Orvinio) und Meunier's Abh. in den Comptes rend. Bd. 72, pag. 339.

der Ablagerung erfolgte chemische Veränderung erklären lassen. So z. B. sieht man in den Steinen von Mezö-Madaras und von Knyahinya öfters rings um die Kugelchen concentrische Anhäufungen von gediegenem Eisen, welche auf der Schnittfläche des Steines wie die Höfe um die Mondscheibe erscheinen; auch innerhalb der Kugelchen erkennt man öfters derlei Höfe. Alle tuffartigen Meteorsteine sind von vielen winzigen Eisenflittern durchschwärmt. Es scheint, dass diese Erscheinungen durch die reducirende Wirkung eines Gases hervorgerufen wurden, und zwar nimmt Daubrée an, dass es Wasserstoffgas gewesen sei, welches derlei Veränderungen hervorbrachte. Die Auffindung von Wasserstoffgas in dem Meteorstein von Lenarto durch Graham, so wie die durch Kirchhoff erkannte Gegenwart von Wasserstoff auf der Sonne stützen diese Ansicht. Dass auch in diesem Falle eine Erhitzung stattgefunden habe, ist natürlich vorausgesetzt.

Deutliche Merkmale der Erhitzung zeigen übrigens auch jene Meteoriten, welche aus Bruchstücken bestehen, die durch eine schwarze Masse von gleicher Zusammensetzung verbunden sind, wie die Steine von Orvinio und von Chantonay¹. Aber trotz allen diesen Beispielen von Hitzewirkungen ist doch kein Meteorit bekannt, welcher irgend eine Ähnlichkeit mit einer vulcanischen Schlacke oder mit einer Lava hätte. Wir müssen, obwohl die Meteoriten mit vulcanischen Tuffen und Breccien verglichen wurden, diesen Vergleich an einem bestimmten Punkte abbrechen.

Die vulcanische Thätigkeit, deren Zeuge die Meteoriten waren, bestand im Zertrümmern starren Gesteines, in der Erhitzung und Veränderung fester Massen. Ergüsse von Lava, das Auswerfen von Lavaglas und Krystallen, welche, wie Zirkel zeigte, die vulcanische Asche bilden, fand nicht statt.

Es war also lediglich eine explosive Thätigkeit, durch welche die Breccien und Tuffe, die wir in den Meteoriten erblicken, gebildet wurden. Dies erinnert lebhaft an eine wohlbekannte Erscheinung auf der Erde, an die Maare der Eifel, welche man wohl mit Recht als Explosionskrater auffasst. Sie

¹ Sitzungsberichte d. Wiener Akad. Bd. LXX, Abth. I, Nov.-Heft.

zeigen uns, dass auf der Erde auch der Fall eintreten kann, dass vulcanische Explosionen ohne Lavaergüsse stattfinden.

Nun bleibt noch die Frage, welche die Ursache der explosiven Thätigkeit war, durch welche auf jenen Gestirnen zuerst die Gesteine der Oberfläche einer Zertrümmerung und Zerreibung unterworfen und durch welche ganze Himmelskörper allmählig in Trümmer zerstäubt wurden.

Die Frage zielt nicht blos hierher, sie trifft den kosmischen Vulcanismus überhaupt. Auf der Sonne und auf der Erde sind Gase und Dämpfe die Träger der vulcanischen Bewegung. Auf dem Monde fehlt jedoch eine Atmosphäre, welche sich wahrscheinlich gebildet hätte, wenn die Mondkrater durch Gasexplosionen aufgebaut worden wären. Desshalb ist in einem jüngst erschienenen Werke¹ die Ansicht aufgenommen, dass die vulcanische Thätigkeit des Mondes nur durch die Volumvermehrung beim Erstarren hervorgebracht wurde. Wenn dies richtig wäre, dann müsste wohl auch beim Gefrieren des Wassers, das eine Volumvermehrung beim Erstarren zeigt, mindestens zuweilen eine eruptive Erscheinung mit Kraterbildung stattfinden, was bekanntlich niemals beobachtet wird. Es scheint mir aber die Schwierigkeit, welche durch eine solche Hypothese beseitigt werden soll, gar nicht zu bestehen. Es müssen nicht permanente Gase gewesen sein, welche die vulcanischen Erscheinungen auf dem Monde beförderten, und wenn es Dämpfe waren, so dürften dieselben durch die Gesteine der Mondoberfläche absorbirt worden sein. Dabei hat man aber noch nicht nöthig, auf die Hypothese von Sämann zurückzugreifen², der sich den Mond in einer früheren Epoche mit Wasser bedeckt denkt, welches später absorbirt wurde. Ich komme in einem späteren Vortrage hierauf zurück.

Nach allen unseren Erfahrungen ist eine vulcanische Thätigkeit, welche in einem Zertrümmern und Emporschleudern von Gestein besteht, gar nicht denkbar ohne die Mitwirkung von Gasen oder Dämpfen, oder von beiden zugleich. Daher ist die Annahme gerechtfertigt, dass auch die explosive Thätigkeit,

¹ Nasmyth und Carpenter, *The Moon*. London 1874. pag. 98.
² Sämann in dem *Bull. de la soc. geol. Ser. 2, Bd. 18, p. 322.*

auf welche die Meteoriten hinweisen, durch eine plötzliche Ausdehnung von Dämpfen oder Gasen bewirkt wurde, unter welchen das Wasserstoffgas eine bedeutende Rolle gespielt haben dürfte.

Die Schlüsse, zu welchen die aufmerksame Beobachtung und Vergleichung der Meteoriten führt, sind im Einklange mit den Erfahrungen, durch welche die Geologie und die Astrophysik in den letzten Jahren bereichert wurden. Die vulcanische Thätigkeit, deren Zeugen jene geheimnissvollen Stein- und Eisenmassen gewesen, lässt sich vergleichen mit den heftigen Bewegungen in den äusseren Schichten der Sonne, mit den schwächlichen vulcanischen Regungen auf der Erde, mit den grossartigen eruptiven Erscheinungen, von denen uns die Mondkrater erzählen.

Bei dieser Zusammenstellung drängt sich aber jedem, der Kant's Theorie der gleichartigen Entwicklung der Gestirne im Sinne hat, die Vermuthung auf, dass nicht blos die hier aufgezählten Himmelskörper jenen Veränderungen ausgesetzt seien, dass vielmehr der Vulcanismus eine kosmische Erscheinung sei in dem Sinne, dass alle Gestirne in ihrer Entwicklung eine vulcanische Phase durchmachen. Von den Gestirnen aber die sehr geringe Dimensionen hatten, dürften viele während dieses Zeitraumes zum Theile oder ganz zerstäubt und in kleine Trümmer aufgelöst worden sein.