

Die Gebilde der Mondoberfläche.

Von

G. Dahmer in Höchst a. M.

Mit Taf. VI—VIII und 1 Textfigur.

Seit man einen genaueren Einblick in die Topographie des Mondes hat, ist man auf verschiedene Weise bestrebt gewesen, seine rätselhaften Oberflächenformen zu deuten. Ich bespreche nachfolgend nur einige der wichtigsten dieser Mondbildungslehren. Es mußte wohl als der nächstliegende Gedanke erscheinen, gebirgsbildende Vorgänge irdischer Art auf unserer Nachbarwelt anzunehmen, die, weil unter anderen Verhältnissen wirkend, eine abweichende Bodenbeschaffenheit hervorbringen mußten. Der Anblick einer Mondphotographie macht es durchaus verständlich, daß man in erster Linie an vulkanische Ereignisse dachte. „Daß eine empordrängende und auswerfende Kraft mit wechselnder Intensität unter der ganzen Oberfläche des Mondes tätig gewesen ist, folgt augenscheinlich aus dem Aussehen seiner tektonischen Details“, bemerken NASMYTH und CARPENTER¹, die von diesem Gesichtspunkte aus, unter Voraussetzung einer der Erdkruste entsprechenden festen Mondrinde, eine vulkanische Theorie der Mondgebilde konstruierten. Sie nehmen an, daß außergewöhnlich heftige Eruptionen in gewisser Entfernung von der Ausbruchsstelle einen Ringwall von ausgeschleudertem Material aufbauten, während im Innern ein entsprechender

¹ J. NASMYTH und J. CARPENTER, Der Mond. Deutsch von H. J. KLEIN. 4. Aufl. 1906.

Hohlraum entstehen mußte, in dem die Oberfläche versank, so den vertieften Kraterboden bildend. Genannte Autoren geben aber selbst zu, daß nur ein Teil der Mondgebirge sich ihrer Erklärung fügt.

In neuerer Zeit haben hauptsächlich LOEWY und PUISEUX, die Herausgeber des Pariser Mondatlas, die vulkanische Natur der lunaren Ringgebirge vertreten. Sie stellen sich diese als geplatze Gasblasen vor, durch mächtige Dampfentwicklung im Innern entstanden, die Maren hingegen als lavaüberflutete Senkungsgebiete. Daß geplatze Dampfblasen mondkraterähnliche Gebilde hervorrufen können, hat schon HOOKE beobachtet, indes stehen der Übertragbarkeit dieser Tatsache auf den Maßstab der lunaren Formen physikalische Einwände entgegen; man weiß, daß die Kohäsion der Stoffe nicht ausreicht, um den Bestand und das bis zum Zerplatzen gesteigerte Dehnen von Blasen bis zu 100 und mehr Kilometer Durchmesser möglich zu machen.

Ich habe diese Beispiele angeführt, um zu zeigen, daß die bekanntesten vulkanischen Hypothesen der Mondgestaltung nicht vollauf befriedigen. Eine besondere Stellung nimmt die auf eine Naturbeobachtung gegründete Theorie von DANA¹ ein, auf die ich später zurückkommen werde.

Neben dem Vergleich irdischer Gebirgsbildungsvorgänge und ihrer Objekte mit denen des Mondes bleibt aber zur Lösung des Problems nur noch die Methode der experimentellen Nachahmung der Gebilde übrig. Dieser Weg ist schon verschiedentlich beschritten worden, doch sind es wohl nur die Versuche von A. MEYDENBAUER², die eine eingehende Beachtung gefunden haben. Diesem Autor gelang es, durch Aufstreuen kleiner Staubmengen auf eine Staubschicht Gebilde zu erhalten, die Mondringgebirgen zweifellos sehr ähnlich sind. Nach der von ihm aufgestellten, von WILH. und AUG. THIERSCH³ weiter ausgebauten meteoritischen Hypothese sollen kosmische Massen auf den Mond gestürzt sein und beim Eindringen seine merkwürdigen Ringgebirge hervorgebracht haben. Gegen eine solche Annahme sind verschiedene Einwände gemacht

¹ Amer. Journ. of Sc. Second Series. 2.

² Die Gebilde der Mondoberfläche. Sirius 1882.

³ Die Physiognomie des Mondes. 1883.

worden. Hauptsächlich steht ihr entgegen, daß sich schwer einsehen läßt, weshalb alle Glieder dieses Meteoritenschwarms radial auf den Mond aufprallten, wie sie es doch tun mußten, um die fast durchweg kreisförmigen Objekte zustande zu bringen. Unerklärt bleibt auch, weshalb die nahe Erde von dem gewaltigen kosmischen Ereignis verschont blieb¹.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß man zwar auf verschiedene Weise mondkraterähnliche Gebilde künstlich erzeugen kann², diese jedoch ganz bestimmten Anforderungen zu genügen haben, wenn der ihnen zugrunde liegende Vorgang für die Interpretation der Mondformen Bedeutung haben soll. Diese Anforderungen sind meines Erachtens folgende:

1. Es muß die Nachbildung aller wesentlichen Mondoberflächengebilde, und nur dieser, aus einem Punkte, auf Grund einer einheitlichen Voraussetzung, gelingen.
2. Diese einheitliche Voraussetzung muß einen Vorgang darstellen, dessen Auftreten auf dem Monde zur Zeit der Ausgestaltung seiner Oberfläche ohne Annahme außergewöhnlicher kosmischer Ereignisse als möglich zugegeben werden kann. Je einfacher der Vorgang ist, desto mehr wird eine Täuschung, wie sie Zufälligkeit im Zusammenwirken mehrerer Faktoren hervorrufen kann, ausgeschlossen sein.
3. Auch die zeitliche Reihenfolge, in der die künstlichen Gebilde entstehen, muß der für die einzelnen Mondobjekte angenommenen entsprechen.
4. Vollkommene Identität der künstlichen Typen mit denen des Mondes im Aussehen ist natürlich nur dann zu erwarten, wenn beiden das gleiche Material zugrunde liegt. Diese Bedingung läßt sich aber, ganz abgesehen von der Beschränkung, die experimentelle Schwierigkeiten setzen, schon deshalb nicht erfüllen, weil die mineralogische Zusammensetzung des Mondbodens unbekannt ist. Doch dürfen wir künstlich erzeugte ähnliche Formen offenbar dann mit den lunaren vergleichen,

¹ Das tiefe Loch im Cañon Diablo, dem man eine meteoritische Entstehung zugeschrieben hat, steht auf der Erde ganz vereinzelt da.

² Siehe z. B. auch die in Sirius 1904 von KLEIN besprochenen Versuche von DORR.

wenn ihre Abweichung nur durch einen gemeinsamen Materialfaktor bedingt, also quasi „berechenbar“ ist. Mit anderen Worten: es muß ein lückenloser Parallelismus verlangt werden.

5. Es dürfen keine physikalischen Gründe einer Übertragung der im Laboratorium beobachteten Vorgänge und Formen auf den Maßstab des Mondes im Wege stehen.

Ich habe nun ebenfalls versucht, auf experimentellem Wege an das Mondoberflächenproblem heranzutreten. Veranlassung dazu gab mir eine ganz merkwürdige Beobachtung, die ich bei chemischen Versuchen machte. Wenn nämlich breiförmige Gemische aus einem feinkörnigen festen Stoff und einer Flüssigkeit an einer Stelle auf den Siedepunkt der Flüssigkeit erhitzt werden, so hinterlassen die aus dem Innern entweichenden Dämpfe auf der Oberfläche charakteristische Gebilde, unter denen kreisförmige, von einem Wall umgebene Eintiefungen mit einem zentralen Zapfen besonders auffallen, zumal da sie wiederum mit anderen, ausgedehnteren Ringformen in einem eigenartigen Zusammenhang stehen. Ihr Aussehen und ihre Anordnung zu den übrigen Oberflächengebilden ist derart, daß sie zu einem Vergleich mit den Ringgebilden des Mondes geradezu herausfordern.

Die nähere Untersuchung dieser Erscheinung, bestehend in der systematischen Erzeugung aller auftretenden Formen, Feststellung ihrer Kriterien und ihrer Beziehungen zueinander, gab das überraschende Resultat, daß zwischen den Spuren, die aus einem Brei entweichende Dämpfe auf dessen Oberfläche hinterlassen, und den auf dem Mond vorhandenen Bodenformen ein vollkommener Parallelismus besteht. Dies Ergebnis soll nachstehend im einzelnen begründet werden.

Zunächst sei kurz die Ausführung der Versuche beschrieben. Es eignen sich zur Hervorrufung der Erscheinungen alle breiförmigen Gemische, die ihre ursprüngliche Beschaffenheit einige Zeit beibehalten, d. h. den Breizustand bewahren. Als besonders brauchbar erwies sich ein Schlamm aus frisch gelöschtem Kalk (oder auch Gipspulver) und Wasser. Er wird zweckmäßig sofort nach der Herstellung benutzt, da die Kalkteilchen beim Aufbewahren in Berührung mit Wasser ein größeres Korn annehmen und sich absetzen, während bei

Anwendung von Gips Hydratation einsetzt, die ebenfalls die Konsistenz des Breies verändert. Auch ein Gemisch aus Gipspulver und geschmolzenem Paraffin zeigt manchen der Vorgänge besonders gut. Wird im Innern eines solchen Breies eine Dampfentwicklung hervorgerufen, indem man eine etwa 10 cm dicke Schicht mit einem Bunsenbrenner erhitzt, so werden die genannten Erscheinungen beobachtet. Welche von ihnen gerade auftreten, hängt augenscheinlich von verschiedenen Faktoren ab, unter denen dem Zähigkeitsgrad des Breies die Hauptrolle zukommt. Die dauernde Erhaltung der beobachteten Gebilde, besonders mehrerer nebeneinander, gelingt nicht immer leicht, da jeder Dampfaustritt die Formationen des vorhergehenden deformiert oder zerstört. Eine künstliche Landschaft aus Ringgebirgen mit Zentralkegel, etwa wie sie NASMYTH und CARPENTER in den Taf. VI (1) oder XII ihres Werkes wiedergeben, ist daher leider nicht erhaltungsfähig, obgleich sie häufig (besonders bei Gips-Paraffinbrei) sehr schön zu beobachten war. — Diese methodische Betrachtung zeigt schon, in welcher Hinsicht das Material der Mondformen von dem der Nachbildungen verschieden gewesen sein muß; die Mondformen waren offenbar sehr bald nach ihrer Entstehung schon so weit erhärtet, daß sie die ursprüngliche Form bewahren konnten.

Man muß, um die künstlichen Gebilde für Präparate festzuhalten, die Dampfentwicklung im geeigneten Moment unterbrechen. Gipsbrei stellt man einfach zur Seite, worauf er erstarrt; da sich indes an dem sehr feinkörnigen Kalkbrei die Oberflächenformen schöner zeigen, wurde für die abgebildeten Präparate meist dieser verwandt. Man übergießt ihn, um seine Oberflächengestaltung für die Dauer festzuhalten, vorsichtig mit Paraffin, das nur wenig über seinen Schmelzpunkt erhitzt worden ist. Von dem Paraffinnegativ kann man dann Gipsabgüsse anfertigen, die genau die Konturen der ursprünglichen Kalkfläche wiedergeben.

Wenn man sich der Mühe unterziehen wollte, eine große Zahl von Stoffen durchzuprobieren, würden sich wahrscheinlich noch geeignetere Ausgangsmaterialien für die Nachbildung der Mondformen finden lassen. Jedenfalls ermöglichen die von mir verwandten eine Wiederholung der Versuche mit den ein-

fachsten Mitteln, eventuell auch ihre Ausführung als Vorlesungsversuch. Dieser Umstand erscheint deshalb von Bedeutung, weil die Oberflächenformen sich, wie schon bemerkt, nie ganz in der ursprünglichen Form erhalten lassen; und zwar ist es neben dem deformierenden Einfluß nachfolgender Dampfausbrüche auf die bereits vorhandenen Gebilde auch die nachträgliche Wirkung der Schwere, die Veränderungen hervorruft. Wir werden auf diesen Punkt noch zurückzukommen haben.

A. Ringgebilde erster Art.

Die verschiedenen Oberflächenformen, die bei den Versuchen erhalten werden, entsprechen verschiedenen Zuständen der breiigen Materie. Von größter Bedeutung ist dabei deren Zähigkeitsgrad; da dieser jedoch durch die mit dem Entweichen der Dämpfe verbundenen Konvulsionen starke lokale Veränderungen erfährt, ferner noch andere Faktoren (wie z. B. Korngröße des festen Breibestandteiles) eine Rolle spielen, können die Entstehungsbedingungen für eine bestimmte Form nur im Umriß angegeben werden¹.

Werden die Dämpfe im Innern eines ziemlich steifen Breies erzeugt, so schleudern sie an verschiedenen Stellen Schlamm-massen in die Höhe. Diese steigen in Gestalt eines konischen Schlauches auf, der an der Spitze in einer gewissen Höhe sich zu Klümpchen zerteilt. Die Klümpchen müßten, da sie im engeren Umkreis der Ausbruchsstelle niederfallen, dort ein Trümmerfeld erzeugen, wenn sie nicht immer wieder mit der Breioberfläche verschmelzen würden. Der Ausbruch dauert nur kurze Zeit, doch folgen oft an der gleichen Stelle weitere in kurzen Intervallen nach. — Mit diesem Eruptionsvorgang ist nun eine ganz eigentümliche Begleiterscheinung verbunden. Die Stelle, an der er stattfindet, umgibt sich in einiger Entfernung mit einem kreisförmigen Wall, der durch eine entsprechende Eintiefung von der im Mittelpunkt emporgeworfenen Schlammssäule getrennt ist. Dies Phänomen, das offenbar als eine Bildung von Wellenberg und Wellental infolge der Zer-

¹ Es würde deshalb auch keinen Sinn haben, eine quantitative Vorschrift für die geeignetste Zusammensetzung des Breies anzugeben.

legung der Druckkräfte an der Breioberfläche aufgefaßt werden kann, beginnt schon aufzutreten, bevor noch der aufwärtsstrebende Dampf diese durchbrochen hat (Fig. 1, Stadium 1). Der Durchmesser des Walles ist sehr beträchtlich, verglichen mit dem der Ausbruchsstelle; durch die dort stattfindenden Vorgänge wird der Wall nur insofern in Mitleidenschaft gezogen, als sein Kamm infolge der Erschütterungen mitschwingt und auf diese Weise eine unregelmäßige Form annimmt (Fig. 1, Stadium 2). Nach Beendigung des Ausbruches sinkt der Eruptionsschlauch zu einem niederen zentralen Zapfen zu-

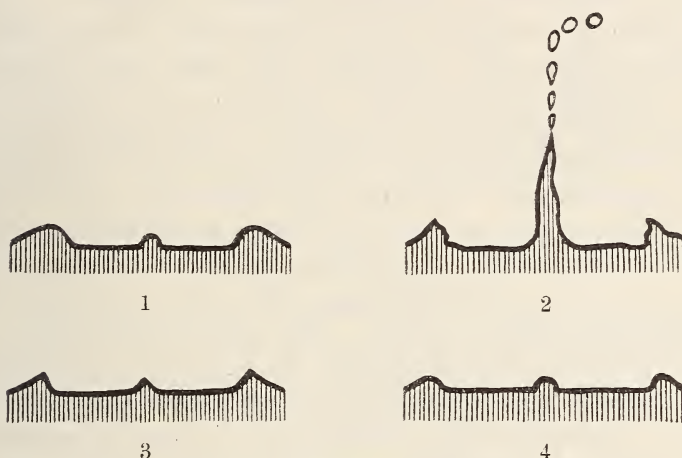


Fig. 1.

sammen (Fig. 1, Stadium 3). Die Veränderung, die mit dem Gebilde jetzt noch vor sich geht (Fig. 1, Stadium 4), hat mit dem eigentlichen Vorgang nichts zu tun; sie ist sekundärer Natur und besteht in einem Zusammensinken unter Abrundung der Erhebungen, beruhend auf der bereits besprochenen Unfähigkeit des Kalk- oder Gipsbreies, das Produkt des Stadiums 3 dauernd festzuhalten.

Hierhergehörige Präparate zeigt Taf. VI Fig. 1—4. Es sei bemerkt, daß natürlich nur eine beschränkte Zahl von Präparaten hier wiedergegeben werden kann, die Beschreibungen sich jedoch auf eine große Anzahl von Beobachtungen gründen.

Die augenfällige Ähnlichkeit der Gebilde mit Mondringgebirgen erstreckt sich auch auf die wesentlichen Einzelmerk-

male. Jenen kommen im Stadium 3 folgende Eigenschaften zu: Der Zentralkegel (der im Stadium 4 meist zur Halbkugel deformiert wird) ist fast stets niedriger als der Wall und meist sehr genau in dessen Mittelpunkt, wie ja aus der Entstehung verständlich. Der Wall ist „erträglich regelmäßig und vollkommen, wenn auch von ungleicher Höhe“ (NEISON von den Ringgebirgen des Mondes l. c. p. 38). Mehrere aufeinanderfolgende Eruptionen rufen oft Terrassenbildung hervor, oder es entstehen Analoga der lunaren Ringgebirge mit doppelter konzentrischer Umwallung, in denen schon NASMYTH und CARPENTER „zwei Eruptionen aus demselben Schlunde“ vermuten, „eine mächtige, die den äußern Ring hervorbrachte, und eine zweite weniger heftige, die den innern schuf“; man vergleiche das Gebilde rechts unten auf Taf. VI Fig. 4. Der Massendefekt durch Erniedrigung der „Kratersohle“ ist gleich dem Massenüberschuß durch Erhebung des Walles, wie dies SCHRÖTER für die entsprechenden Mondobjekte konstatiert hat; dieser Zusammenhang wird an Hand des Bildes von Wellenberg und Wellental begreiflich. „Der Wall ist bei genauer Betrachtung eher polygonal als kreisförmig, wenn auch gewöhnlich mit gekrümmten Seiten“ (NEISON). Ein wichtiges Kriterium der entsprechenden Mondringgebirge ist ferner der Unterschied zwischen dem inneren und äußeren Böschungswinkel des Walles. Durch Ausmessen kleiner Papierreiter, die den Umrandungen gut erhaltener Kalkgebilde angepaßt wurden, konnte deren Steilheitsgrad ungefähr ermittelt werden. Er schwankte außen wenig um 7° , während die Innenseite Böschungswinkel zwischen 25° und 45° aufwies. Nach den Schätzungen von JULIUS SCHMIDT¹ beträgt die äußere Neigung der Mondringgebirge $3-8^{\circ}$, die innere $25-50^{\circ}$, während nach den Ermittlungen von PH. FAUTH² der Innenwinkel meist nur $22-23^{\circ}$ beträgt. — Meine Messungen können, schon mit Rücksicht auf die Deformation der Präparate natürlich nur hinsichtlich der Größenordnung der Winkel einen Anhalt geben; jedenfalls beweisen sie, daß, wie bei den lunaren Objekten, der innere Abhang stets erheblich steiler ist als der äußere.

¹ Memoirs of the British Astronomical Association. 1. Part I—IV; 2. Part II; 3. Part V.

² W. PRINZ, Les mesures topographiques lunaires. 1895.

Vorstehende Beschreibung zeigt deutlich die große Ähnlichkeit der künstlichen mit den entsprechenden lunaren Gebilden in den Hauptmerkmalen. Diese Beziehung möge weiter veranschaulicht werden durch die Betrachtung einiger besonderer Ausbildungsformen der künstlichen, die sich in vergleichbaren Mondobjekten widerspiegeln. So verdient Erwähnung, daß neben vollständig von einem Wall umschlossenen Formen auch solche auftreten, deren Umgrenzung Unterbrechungen, oft auf größere Strecken, zeigen. Beispiele bieten mehrere der abgebildeten Präparate. — Diese Eigentümlichkeit, die offenbar in Komplikationen der Druckverteilung während der Eruption ihre Ursache hat, läßt es naheliegend erscheinen, die „zerfallenen Ringebenen“ auf dem Monde als von Anfang an unvollkommen ausgebildet aufzufassen, so daß die Annahme einer nachträglichen Zerstörung, etwa durch Bergrutsche oder Verwitterung, nicht notwendig ist¹. Das kleine Ringgebirge links oben auf Taf. VI Fig. 1 erinnert z. B. an das Mondobjekt Lambert². Auch Proclus³ wäre neben anderen zum Vergleich heranzuziehen.

Eine weitere, recht charakteristische Eigenart der künstlichen Kraterbildung⁴ besteht im Auftreten zweier nahezu gleichgroßer Formationen in nächster Nähe (Taf. VI Fig. 4; Taf. VIII Fig. 3 und 5). Diese Art der Anordnung wird bekanntlich auch auf dem Monde angetroffen. So sagt NEISON (l. c. p. 40): „Sehr häufig erscheinen zwei bedeutende Ringebenen, an Gestalt, Durchmesser, Tiefe und Steilheit äußerst ähnlich, dicht beieinander und mehr oder weniger zusammenhängend“. Schöne Beispiele, die man mit Taf. VI Fig. 4 vergleichen möge, sind u. a. Aristillus und Autolycus, Ritter und Sabine. Die besprochenen Gebilde vermitteln den Übergang zu den Zwillingsskratern und den teilweise sich überdeckenden Doppelkratern, die in allen auf dem Monde konstatierten Spielarten bei den Experimenten zu beobachten waren. Die Möglichkeit

¹ Womit jedoch die Möglichkeit einer Verwitterung auf dem Monde nicht bestritten werden soll.

² NEISON, l. c. Karte IX.

³ NEISON, l. c. Karte I.

⁴ Die Bezeichnungen „Krater“, „Mare“ usf. sind in vorliegender Arbeit nur im gewöhnlichen, konventionellen Sinne gebraucht.

der Nachbildung gibt auch den Fingerzeig zu ihrer Deutung. Der Fall, daß die entweichenden Dämpfe in ihrem Bestreben, den Weg mit geringstem Widerstand zu wählen, zwei in dieser Hinsicht gleichwertige benachbarte Stellen vorfinden, wird nicht selten sein. Je nach der Entfernung und der Heftigkeit der Eruption wird ein Doppelkrater mit gemeinsamer Innenwand oder eine Zwillingform ohne solche zustande kommen. Erfolgen die beiden Eruptionen kurz n a c h einander, so setzt sich das Objekt der späteren teilweise an Stelle desjenigen der früheren, „drängt sich in dieses hinein“. Hierdurch entstehen Doppelformen, wie sie durch die Gruppe Theophilus-Cyrrillus¹ auf dem Monde repräsentiert werden. Eine diesen beiden Kratern entsprechende künstliche Form zeigt sich auf der später zu besprechenden Fig. 5 auf Taf. VIII oben in der Mitte; auch in anderer Beziehung ist ein Vergleich dieses Präparats mit der Theophilusgegend interessant (s. p. 102).

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß unter Umständen die zentrale Erhöhung der künstlichen Ringgebirge nicht erhalten bleibt, wie Taf. VI Fig. 2 und 3 zeigen. Und zwar tritt dieser Fall dann ein, wenn die Zähigkeit des Breies etwas, aber nur wenig, größer ist, als für die bisher beschriebenen Gebilde vorausgesetzt war. Der größere Widerstand, der alsdann den entweichenden Dämpfen entgegengesetzt wird, bedingt eine besonders heftige Eruption, die ein völliges Versinken des „Eruptionsschlauches“ im Gefolge hat. Der Ringwall dieser Formen ist, infolge der früheren Erschöpfung der Druckwelle, meist etwas kleiner als bei den vorher geschilderten, mit denen sie zusammen auftreten. Der Varietät ohne Zentralberg entspricht offenbar ein Teil der analog gebauten (kleineren) Mondformen, für die jedoch auch die Entstehung nach Art der Wallebenen möglich ist, wovon im nächsten Abschnitt die Rede sein wird.

Die Analogie der bis jetzt besprochenen Breioberflächengebilde mit gewissen Mondobjekten ist also sehr weitgehend, was um so auffallender erscheinen muß, als es sich um einer-

¹ Vergl. z. B. die bekannte Aufnahme der Licksternwarte oder das Modell von NASMYTH und CARPENTER, Taf. XI.

seits recht absonderliche, andererseits aber wohl charakterisierte Gestalten handelt.

Zu berücksichtigen ist dabei immer das über die Erhaltungsfähigkeit, sowie über den gemeinsamen Abweichungsfaktor zwischen den aus Kalkbrei erzeugten und den lunaren Typen Gesagte. Jene sind gleichsam verweichlichte Abbilder der Mondkrater; diese haben scharfumrissene Konturen, alle Erhebungen sind „magerer“, zerklüfteter, die Wälle haben einen schmäleren, zerrissenen Kamm, der Zentralberg ist kantig. Der Boden und Hang der Mondringgebirge ist übersät mit Myriaden scharfkantiger Blöcke. Solche sind bei den Versuchen nur dann zu beobachten, wenn sich eine dünne Oberflächenhaut gebildet hat, wie dies z. B. bei den Präparaten Taf. VIII Fig. 1 und 3 der Fall ist. Ferner ist die Zahl der lunaren Ringformen auf einem bestimmten Flächenstück meist größer als bei den künstlichen; die schönen Kraterfelder, die bei den Versuchen zu beobachten waren, entzogen sich, wie schon erwähnt, leider der Erhaltung.

Ich bezeichne den Vorgang, der zu den bisher besprochenen Formen führt, als Ringbildung erster Art, zum Unterschied von einem weiteren die Breioberfläche ausgestaltenden Prozeß, der ebenfalls meist kreisförmige Objekte erzeugt und über den nachstehend berichtet werden soll.

B. Ringgebilde zweiter Art.

Ich habe betont, daß unter den Faktoren, die die Art der Oberflächengebilde bestimmen, die Zähigkeit der Breimaterie an erster Stelle steht. Betrachten wir nun, welche Formen auftreten, wenn Dämpfe im Innern eines dünneren Breies entwickelt werden, als ihn der Ringbildungsvorgang erster Art verlangt.

Noch bevor Dämpfe entweichen, macht sich in diesem Falle eine Bewegung der Schlamnteilchen bemerkbar, eine Orientierung der oberflächlich gelegenen Schichten, ausgehend von der über dem Dampfzentrum gelegenen Stelle. Es wird durch Nachaußenschieben der Teilchen wiederum die Bildung einer Ringform eingeleitet, die, während das Entweichen der Dämpfe beginnt, sich weiter fortsetzt und das Bestreben hat,

den Durchmesser ihres Objekts um so rascher ins Riesenhafte zu vergrößern, je dünner der zugrunde liegende Schlamm ist.

Der Ausbruch der Dämpfe erfolgt unter Erscheinungen, die von den in Abschnitt A geschilderten mehr oder weniger abweichen. Bei einem extrem dünnen Brei wallen Blasen auf, man kann direkt von Aufkochen reden; bei einem etwas zäheren erscheinen kleine Ringgebilde erster Art, deren Wälle jedoch nach der Eruption, wie durch eine im Zentrum befindliche Feder angezogen, wieder zurückschnellen, so daß nur „Kraternarben“ (Taf. VII Fig. 3) bleiben, oder aber gar nur ein durchkneteter, glatter, meist vertiefter Boden hinterlassen wird (Taf. VII Fig. 2 und 4). Die Eruptionen unterscheiden sich von den unter A beschriebenen außerdem dadurch, daß sie viel weniger heftig sind und längere Zeit ohne Unterbrechung an der gleichen Stelle andauern können, wodurch das niedliche Schauspiel von Schlammfontänen entsteht. Um die Ausbruchstellen legt sich als Umrahmung der große Oberflächenschubwall. Seiner Ausdehnung wird ein Ziel gesetzt entweder durch Aufhören der Dampfentwicklung oder durch die allgemeine bzw. lokale Zähigkeitsänderung der Breimaterie, wie sie der Verlust an flüssiger Komponente bzw. die mit den Ausbrüchen verknüpften Konvulsionen mit sich bringen. Sind aber durch diese Veränderungen an einigen Stellen die Bedingungen für Ringbildung erster Art erreicht worden, so tritt natürlich diese in Erscheinung. Wir wollen den neuen, wie wir später sehen werden, nicht nur kreisförmige Gebilde schaffenden Vorgang als zweiter Art bezeichnen; er geht, da einem dünnern Brei entsprechend, bei fortgesetzter Dampfentwicklung demjenigen erster Art zeitlich voran. Formen zweiter Art und ihren Zusammenhang mit den vorher geschilderten zeigen Taf. VII Fig. 1—4 und Taf. VIII Fig. 2 und 5.

Schon der bloße Anblick der Abbildungen weist darauf hin, daß wir hier Analoga der lunaren Maren und Wallebenen vor uns haben, und zwar erscheinen die Erzeugnisse eines sehr dünnen Breies den Maren, die eines etwas zäheren, wie er den Übergang zu dem für Ringbildung erster Art befähigten bildet, den Wallebenen vergleichbar. Das in Taf. VII Fig. 1 wiedergegebene Präparat möge von diesem Gesichtspunkt aus

als Typus eines künstlichen Mares aufgefaßt werden, die großen Ringformen auf Taf. VII Fig. 2—4 und Taf. VIII Fig. 5 hingegen als Vertreter der Wallebenen.

Außerdem kann man den Vorgang zweiter Art zur Deutung der größeren Mondringkrater ohne deutlich ausgeprägten Zentralkegel heranziehen. Es ist natürlich nicht angängig, von einem bestimmten kreisförmigen Mondgebirge immer exakt auszusagen, welchem Typus es näher steht. Die in Taf. VIII Fig. 2 abgebildeten Formen sind z. B. nach zweiter Art entstanden. Interessant ist auch ein Vergleich von Taf. VII Fig. 2 mit der bekannten von Prof. PRINZ ausgeführten photographischen Vergrößerung des Ringgebirges Copernicus. Da nämlich die Kalkgebilde, wie erörtert, immer nur verwaschene Abbilder der Mondformen darstellen, ist die Übereinstimmung mit einer verschwommenen Mondaufnahme sehr groß.

Die aus besonders dünnem Brei hervorgegangenen künstlichen Maren (Taf. VII Fig. 1) sind gegen die Umgebung etwas vertiefte Flächen, die von mehr oder minder hohen Ufern umgeben werden, manchmal aber auch fast ohne ausgeprägte Demarkationslinie in das angrenzende Gebiet übergehen. Sie erreichen, verglichen mit den übrigen Ringgebilden, während einer bestimmten Dauer der Dampfentwicklung weitaus den größten Durchmesser. Ihr Boden besteht oft nur in einer glatten, höchstens von ein paar „Bergadern“ durchzogenen Ebene, doch kann er auch stärkere Rücken, sowie Krater und Kraternarben verschiedenster Art enthalten¹. Treffen die Umgrenzungen zweier benachbarter Marebildungsvorgänge aufeinander, so tritt Sinusbildung ein, wie sie auf dem Mond z. B. das Mare Imbrium zeigt.

Wie vorstehende Beschreibung ergibt, finden sich also auch hier bei den künstlichen Objekten die Einzelmerkmale der Mondformen wieder.

An dieser Stelle berühren sich meine Versuchsergebnisse mit den interessanten Anschauungen, die DANA² über die Entstehung der Mondkrater geäußert hat. Auf Grund einer Beobachtung an dem Krater Kilauea auf den Hawaii-Inseln deutete

¹ Taf. VII Fig. 1 zeigt solche Krater im Innern des Mares, die leider durch überfließendes Wasser beeinträchtigt worden sind.

² Amer. Journ. of Sc. Second Series. 2.

er sie als die Produkte kochender Lavaseen und betonte, daß vor allem die gewaltige Ausdehnung der Mondformationen durch Annahme eines derartigen Ursprungs ihre Erklärung finde: „Die Größe eines kochenden Sees braucht keine anderen Grenzen zu haben, als diejenigen, welche aus dem Mangel an Hitze entspringen. Die Größe der Mondkrater ist also nichts Unerklärbares.“ Meine Versuche bestätigen DANA's Auffassung bezüglich der Maren; genannter Autor ist jedoch der Ansicht, daß eine derartige Entstehungsweise allen Mondringgebilden zugrunde liegt; dagegen erhebt schon KLEIN in einer Anmerkung zu seiner Übersetzung des Werkes von NASMYTH und CARPENTER (p. 136), in dem DANA's Arbeit zitiert wird, Einspruch.

Bei dem Marebildungsprozeß tritt die stärkste Inhomogenisierung des Breies auf; es möge hier angedeutet werden, daß die merkwürdigen dunkeln Färbungen des Marebodens, die ja schon verschiedene Selenologen auf eine unterschiedliche mineralogische Zusammensetzung haben zurückführen wollen, mit diesem Umstand in Beziehung stehen könnten.

Bei der Bildung der künstlichen Wallebenen kann von einem Kochen der Breimaterie keine Rede mehr sein; ihre Entstehung im Zusammenhang mit Eruptionen erklärt ihre Verwandtschaft mit Ringgebirgen erster Art, die sich auch durch ihre Lage auf der Mondscheibe kundgibt. Diese Beziehung zeigt sich sehr schön auf Taf. VII Fig. 4 und Taf. VIII Fig. 5. Letztere ist die stark verkleinerte Wiedergabe eines Stückchens künstlicher Mondlandschaft. Sie zeigt u. a. eine Wallebene, der drei deutliche Ringgebirge erster Art eingelagert sind, von denen die beiden rechts gelegenen einen Doppelkrater nach Art der Gruppe Theophilus-Cyrellus bilden. Auch die Bergrücken, die in der Umgebung der Wallebene hervortreten, entsprechen typischen Bestandteilen lunarer Kraterregionen (z. B. gerade in der Theophilusgegend).

Taf. VII Fig. 3 gibt, im Zusammenhang mit Fig. 4 betrachtet, ein Bild vom Ursprung einer Wallebene nach Art des Clavius, dessen Rand bekanntlich zwei Ringgebirge mit Zentralkegel aufgesetzt sind (Fig. 4), während die innere Ebene von Kratergruben kleineren Durchmessers (Fig. 3) durchlöchert ist. Präparate, die die drei Ringgebirgs-

formen der beiden Figuren vereinigen, also direkte Modelle von Clavius, wurden bei Ausführung der Versuche wiederholt beobachtet, leider war jedoch ihre dauernde Erhaltung nicht möglich. Die Verschiedenheit in der Zähigkeit der Breimaterie an verschiedenen Stellen der Wallebene erklärt das Auftreten solcher Ringgebirgskombinationen.

Bereits bei Besprechung der Ringformen erster Art wurde auf das Vorkommen unvollständiger Ausbildung hingewiesen. Diese Eigentümlichkeit findet sich bei denjenigen zweiter Art in erhöhtem Maße wieder; mit der Bildung der ringsumschlossenen Ebenen geht nämlich diejenige von Bergrücken, die gerade oder gebogen sein können, Hand in Hand. So zeigt sich auf Taf. VI Fig. 2 unten ein sichelförmiger Bergstreifen, wie wir ihn z. B. auf NEISON'S Abbildung von Godin und Agrippa (l. c.) erkennen. Auch das Auftreten konzentrischer Hügelzüge ist aus der Entstehungsweise einleuchtend. Als Beispiel diene Taf. VIII Fig. 3, deren Vergleich mit der Umgebung von Aristarch und Herodot¹ interessant ist, zumal da dieser Distrikt zufällig auch eine ähnliche Rille aufweist. Alle diese nicht ringförmigen Erhebungen spielen bekanntlich eine nicht unwichtige Rolle im Gesamtbild der Mondlandschaft. Ihre Ursache ist in den Widerstandsverschiedenheiten zu suchen, welche die gestaltende Kraft vorfindet, wie auch im Gegeneinanderwirken benachbarter Oberflächenschubvorgänge, das zu Kompromißformen führt. In diesem Sinne wurde schon die Sinusbildung der Maren erklärt; ein ganz ähnlicher Fall liegt in Taf. VII Fig. 3 vor: hier haben zwei benachbarte Oberflächenschubvorgänge eine von der Kreisform abweichende Umgrenzung geschaffen. Zu den Kompromißformen sind auf Grund der Beobachtungen auch die viereckigen Räume, wie W. C. BOND oder BIRMINGHAM zu stellen (Taf. VIII Fig. 5 zeigt links unten ein ähnliches Objekt), sowie andere Formationen mit unregelmäßiger Begrenzung. Nicht selten teilen innerhalb einer Wallebene die Eruptionen sich in Gruppen, Scheidewände zwischen sich zusammenschiebend, die später als die Fläche zerlegende Bergzüge erhalten bleiben; selbst die Bildung eines Zentralgebirges innerhalb einer Wallebene wurde

¹ NASMYTH und CARPENTER, Der Mond. Taf. XVII.

einmal beobachtet (die Eruptionspunkte hatten sich längs der Innenseite des Walles gruppiert und schoben nach der Mitte zu einen Hügelkomplex zusammen). Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, daß ein sehr großer Ringkrater wie Copernicus seine Entstehung dem Prozeß zweiter Art verdankt.

Zu einem wichtigen Ergebnis gelangen wir, wenn wir die Böschungswinkel der Ringgebilde zweiter Art ins Auge fassen. Ein Blick auf das in den Taf. VII wiedergegebene Mare und die Wallebenen zeigt nämlich, daß ihre innere Neigung weniger steil ist als die der Krater erster Art. Dieser Befund deckt sich mit den Ermittlungen FAUTH'S über den Zusammenhang zwischen der Ausdehnung der Mondringformen und den Winkeln, die ihr Wall mit der Bodenfläche bildet.

Wir konnten also konstatieren, daß auch zwischen den Gebilden zweiter Art und den vergleichbaren Mondoberflächenformen ein vollkommener Parallelismus besteht. Es bleibt noch übrig, einen Blick auf die kleinsten runden Eintiefungen zu werfen, die durch ihre große Zahl ebenfalls zur Eigenart des Mondlandschaftsbildes beitragen.

C. Kleine Krater, Kratergruben u. dergl.

Die hierhergehörigen Formen sind, zusammen mit den später zu besprechenden Rillen, das im Verlaufe der Verdampfungsvorgänge zuletzt auftretende Objekt. Hat nämlich der für die Versuche benutzte Brei (infolge des Verlustes an flüssiger Komponente) durch fortgesetzte Dampfentwicklung einen sehr hohen Zähigkeitsgrad angenommen, so treten, entweder vereinzelt unter explosionsartigem Aufplatzen der Oberfläche, oder gesellig unter viel weniger heftigen Erscheinungen, die kleinen runden Eintiefungen auf, wie sie sich auf Taf. VIII Fig. 4 zeigen. Sie hauchen nur Dampf aus, ohne Schlamm-massen hochzuwerfen. Die Ausbildung der konformen Mondobjekte als „Kraterschlote“ oder als „Kratergruben“ hängt demnach anscheinend mit der Heftigkeit des Dampfstoßes zusammen, der zu ihrer Entstehung führte. Erwähnt sei noch, daß oft auch die Eruptionen innerhalb des Walles der Ringgebilde zweiter Art Narben hinterlassen, die man den „Kratergruben“ zuordnen muß (Taf. VII Fig. 2 u. 3; Taf. VIII Fig. 2).

D. Massengebirge.

Die großen Massengebirge des Mondes umrahmen das Mare Imbrium, sind also Varianten der gewöhnlichen Ebenenumgrenzung. Sie müssen sich daher auch bei den Versuchen als eine spezielle Ausbildungsform des Oberflächenschubwalles, den die Ringbildung zweiter Art hervorruft, wiederfinden. Der besondere Umstand, der gerade die Entstehung von Massengebirgen herbeiführt, ist nach dem Experiment die Bildung einer dünnen Oberflächenhaut, die etwas andere Kohäsionsverhältnisse mit sich bringt. Die Gebirgserhebungen sind nach den Beobachtungen als zusammengeschobene, halbverbackene Schollen aufzufassen, welche die aufs mannigfaltigste geknickte Oberflächenhaut in Verbindung hält. Der Steilabfall des Gebirgszuges liegt natürlich nach der Seite, von der die schiebende Kraft kam, also nach der Innenseite der Mareebene. Der Vorgang ist danach dem der irdischen Gebirgsbildung nicht unähnlich; da jedoch die seitlichen Schubkräfte unter ganz anderen Bedingungen arbeiteten als auf der festen Erdkruste, sind die von ihnen geschaffenen Erhebungen von den irdischen im Aussehen sehr verschieden. „Neben ausgedehnter Basis besitzen sie nur eine mäßige Höhe“ (NEISON), sie bestehen aus einem Gewirr von Felsklumpen, einer Anhäufung von rohen Blöcken ungleicher Höhe mit tief einschneidenden Tälern (Taf. VIII Fig. 1)¹.

E. Die Rillen.

Als das Kalkbreipräparat Taf. VIII Fig. 3, von dem wegen der konzentrischen Hügelzüge (vergl. p. 103) ein Abguß genommen werden sollte, zum Erkalten vorsichtig zur Seite gestellt wurde, bildeten sich plötzlich in der Nähe des Randes der ziemlich dick gewordenen Masse zwei benachbarte kleine Krater, aus denen ohne Breiauswurf Wasserdampf entwich.

¹ Ob das rätselhafte Quertal der Mondalpen auch ein Produkt des Vorgangs zweiter Art ist, etwa von Eruptionen, die durch parallele Barren im Innern des inhomogen gewordenen Breies in eine schmale Reihe gedrängt wurden und, wie meist, einen nahezu glatten Boden hinterließen (ähnliche Fälle sind beobachtet worden), oder ob jenem ganz einzelt dastehenden Mondobjekt eine nicht mehr zu eruiierende Bildungsweise ganz außergewöhnlicher Art zugrunde liegt, bleibe dahingestellt.

Bald hörte diese Erscheinung auf und es öffnete sich eine lange, spitz endigende Spalte mit zwei Verzweigungen. Sie reihte die beiden Kraterchen auf, eine Furche zwischen ihnen bildend. Die geschilderte Entstehungsweise ist bezeichnend für das später mehrfach beobachtete Auftreten von Rissen auf den Präparaten, als deren Analoga auf dem Monde wir zweifellos die Rillen anzusprechen haben.

Man kann solche Spalten im Kalkbrei zur Demonstration am einfachsten derart erzeugen, daß man ein Stück gebrannten Kalk mit heißem Wasser übergießt und den Ansatz dann sich selbst überläßt. Ist infolge der chemischen Bindung des Wassers durch den Ablöschungsprozeß ein Brei von der geeigneten Konsistenz entstanden, so treten kleine Kratergruben auf, worauf bald die Entstehung von Rissen nachfolgt, die jene z. T. perlschnurartig aufreihen. Man bekommt auf diese Weise ein Bild, wie es auf dem Monde etwa die Hyginusgegend (z. B. auf der Karte von FAUTH) zeigt, mit der man Taf. VIII Fig. 4 vergleichen wolle¹.

Die künstlichen und die natürlichen Rillen entsprechen einander auch in ihren Detailmerkmalen. Beide verlaufen meist gerade, kommen jedoch auch krummlinig vor, gabeln oder verzweigen sich. Sie durchschneiden meist die Gebilde früheren Ursprungs, doch werden sie gelegentlich von einem Objekt zur Seite gedrängt (Taf. VIII Fig. 3). Eine ganz ähnliche Ablenkung wie die erste der abgebildeten Rillen erfährt auch die schon auf p. 103 erwähnte im Distrikt von Aristarch und Herodot (siehe das Modell auf Taf. XVII des zitierten Werkes von NASMYTH und CARPENTER). Durch den Boden der kleinen Krater, die sie aufreihen, gehen die Mondrillen hindurch (JUL. SCHMIDT), manchmal bestehen sie fast nur aus einer

¹ Man muß durch Ausprobieren das Verhältnis von Kalk und Wasser so zu treffen suchen, daß vor oder während der Rillenbildung der Ablöschungsvorgang beendet ist, denn nur bis zu diesem Moment ist der Demonstrationsvorgang demjenigen des Dickerwerdens des Breies durch Verdampfungsverlust analog. Sind nach der Spaltenbildung noch viele ungelöschte Kalkteilchen durch den Brei verteilt, so bläht er sich auf und deformiert die entstandenen Gebilde. — Die im Verlauf der Rillen liegenden Krater sind vor der photographischen Aufnahme der Präparate Taf. VIII Fig. 3 und 4 innen schwarz angetuscht worden, damit die Rillen auf der Wiedergabe besser erkennbar sind.

Kette winziger Krater. Die gleiche Eigentümlichkeit zeigt das Rillensystem auf Taf. VIII Fig. 4. Auch ein von einem kleinen Krater aus divergierender Rillenkomplex, wie er sich östlich von Triesnecker¹ zeigt, wurde einmal erhalten; seine einzelnen Zweige wiesen merkwürdigerweise auch die gleiche Gabelung in einiger Entfernung vom Mittelpunkt des Systems auf.

Durch Zerreißung aufgeschobener Breimassen erklären sich an Hand der Versuche die konzentrischen, den Umrndungen der Maren parallel laufenden Spalten, wie sie sich z. B. südlich von Archimedes vor den Apenninen herziehen². Ein vergleichbares künstliches Objekt ist der Riß unter der Küste der in Taf. VII Fig. 1 dargestellten Ebene. Auch die konzentrischen Spalten und Bergadern auf dem Rande des Mare Humorum sind im Zusammenhange mit dem Vorgang zweiter Art zu deuten, da ganz entsprechende künstliche Präparate erhalten wurden. — Es ergibt sich also, daß auch bezüglich der Rillen die Analogie zwischen den lunaren Typen und den bei den Verdampfungsversuchen erhaltenen nicht nur oberflächlicher Natur ist³.

Schlüsse aus den Versuchen.

Wir können das Resultat der vorstehend beschriebenen Experimente folgendermaßen zusammenfassen. Zwischen den Gebirgsformationen des Mondes und den Gebilden, die Dämpfe, aus dem Innern einer breiigen Materie entweichend, auf deren Oberfläche hervorrufen, besteht ein lückenloser Parallelismus. Die Analogie zwischen solchen, einerseits absonderlich gestalteten, andererseits aber gut charakterisierten künstlichen und natürlichen Formen in allen wesentlichen Details kann

¹ NASMYTH und CARPENTER, Der Mond. Taf. X.

² NASMYTH und CARPENTER, Der Mond. Taf. VIII.

³ Ich habe bei Besprechung der Ringgebirge mit Absicht die Strahlensysteme nicht erwähnt, da sie ein optisches Phänomen sind, das nur unter Zuhilfenahme hypothetischer Kombinationen der Formenlehre des Mondes eingeordnet werden kann. Es sei nur mit einem Wort darauf hingewiesen, daß bei Mitwirkung einer Oberflächenhaut (wie bei Taf. VIII Fig. 1) die künstlichen Ringgebirge manchmal eine sehr feine, strahlige Fältelung zeigen, die möglicherweise einen Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Strahlungen andeuten könnte.

wohl nicht mehr dem Zufall zugeschrieben werden, um so mehr als auch der räumliche und zeitliche Zusammenhang zwischen den einzelnen Typen in beiden Fällen der gleiche ist. Es kann aber dann auch keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen dem den Experimenten zugrunde liegenden Vorgang und dem unbekanntem Ursprung der Bodenformen des Mondes ein inniger Zusammenhang besteht. — Welche Schlüsse lassen sich nun aber aus den Beobachtungen auf die einstigen Ereignisse und den sie bedingenden Zustand auf unserem Nachbarplaneten ziehen, ohne daß wir hypothetische Annahmen zu Hilfe nehmen? Diese Frage lautet mit anderen Worten: Welches ist der auf p. 93 und 99 konstatierte Faktor, der die Kalk- oder Gipsbreigeilde nur als verwaschene, abgerundete Abbilder der scharfkantigen Mondgebirgsformen erscheinen läßt, und der verhindert, daß aus dem Parallelismus eine Identität wird?

Die Beobachtung, daß die Kalkbreigeilde während ihrer Entstehung ebenfalls kantige Umrisse zeigten (besonders bei Verwendung von Gips-Paraffinbrei), ja oft mit den entsprechenden Mondformen im Aussehen völlig übereinstimmten, weist uns den Weg zur Lösung des Problems. Das Material, aus dem die Mondformen hervorgingen, war offenbar nicht von der Art des Kalkwassergemisches, sondern hatte Gemengteile mit anderen physikalischen Eigenschaften. Insbesondere besaß es die Fähigkeit, recht bald, wenn nicht sofort, nach dem Durchbrechen der Dämpfe zu erstarren und die ihm gegebene Form zu bewahren. Dies setzt aber voraus, daß der Erstarrungspunkt der flüssigen Komponente¹ des Breies erheblich oberhalb der Temperatur lag, die der über ihm befindliche Atmosphärenraum besaß. Der Brei befand sich offenbar im Schmelzfluß, war ein Magma, das von einem irdischen nicht verschieden gewesen zu sein braucht, vorausgesetzt, daß wir dessen Zusammensetzung vor der Zerlegung in Lava und Gase, die während der Eruption erfolgt, ins Auge fassen. Daß ein dampferfülltes, oder beim Austreten an die Oberfläche Dämpfe bildendes Magma unter irdischen Verhältnissen ganz andere Gebilde erzeugt, liegt eben daran, daß es sich nur auf Spalten

¹ oder Komponenten. Es ist ja von vornherein anzunehmen, daß die breiige Materie sich auf dem Monde aus mehreren festen und flüssigen Gemengteilen zusammensetzte.

in relativ geringer Menge hervorpresen kann. Auf dem Monde hingegen muß es in einem gewissen Stadium in dessen Entwicklungsgeschichte die ganze Oberfläche überdeckt haben, damit die bei den Versuchen beobachteten Erscheinungen sich entfalten konnten. Daß eine solche Verschiedenheit der Grundbedingungen für die irdischen und lunaren magmatischen Vorgänge vorauszusetzen ist, hat auch DANA in der zitierten Arbeit betont. — Die heiße Breimaterie auf dem Monde mußte natürlich an ihrer Oberfläche eine dünne Erkaltungshaut bilden. Diese mag, da sie bei den Eruptionen zu dünnen Schollen zerrissen wurde, auch dazu beigetragen haben, den Objekten den zerklüfteten, scharfkantigen Habitus zu verleihen, der sie von den Kalkbreigebilden unterscheidet. Doch konnte diese Haut keinen wesentlichen Einfluß auf die Erscheinungen ausüben; wahrscheinlich weil sie keine Zeit fand, vor dem Beginn der Ausbrüche eine irgendwie erhebliche Dicke anzunehmen. Bei den Versuchen wurde auch manchmal eine Hautbildung beobachtet¹, worüber in Abschnitt D berichtet wurde. Die dort konstatierte Ursache für das Auftreten der Massengebirge würde also, nach den letzten Betrachtungen auf Mondverhältnisse übertragen, in der Voraussetzung einer etwas dickeren Erkaltungshaut, als an den anderen Stellen vorhanden, bestehen. Ihre Bildung infolge der rascheren Abkühlung der aus dem ursprünglichen Niveau herausgehobenen, über weite Strecken hingeschobenen Massen erscheint verständlich.

Wir müssen ferner schließen, daß das Magma an verschiedenen Stellen der Mondoberfläche entweder nicht ganz gleichartig zusammengesetzt war oder aber sich in verschiedenen Zuständen befand. Und zwar muß es auf dem jetzt von den Maren bedeckten Gebiet (geringste Zähigkeit des Breies!) entweder mehr leichtschmelzende Mineralien enthalten, oder, wahrscheinlicher, eine höhere Temperatur besessen haben als auf den Kraterdistrikten.

Vorstehende aus den Experimenten gezogene Schlüsse zeigen auch, welcher Umstand es war, der bisher die meisten Selenologen bei der Aufstellung „vulkanischer Theorien“ für

¹ Durch Zusammenschluß von Kalkteilchen an der Breioberfläche, vielleicht unter Mitwirkung der Luftkohensäure.

die Mondoberflächengestaltung zu Anschauungen führte, die vom Ergebnis meiner Versuche abweichen. Die gewaltigen eruptiven Prozesse haben nach meinen Darlegungen nur relativ unscheinbare, oft überhaupt keine direkten Spuren auf dem Monde hinterlassen. Durch die Ausführung des Parallelvorganges im Laboratorium können wir jedoch auf diese Ereignisse schließen auf Grund der Denkmäler, die ihnen ein Nebenvorgang gesetzt hat, auf Grund der riesenhaften Oberflächenschubgebilde, welche die mit der Katastrophe verknüpften heftigen Konvulsionen der zugrunde liegenden Materie aufprägten.

Hypothetische Folgerungen.

Das Resultat der Untersuchung scheint mir eine neue Perspektive bezüglich des entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhangs zwischen Mond und Erde zu eröffnen. Es wurde gezeigt, daß den Mondball zur Zeit der Entstehung seiner Bodenformen ein heißer, wahrscheinlich glutflüssiger Brei umgeben haben muß. Aus ihm entwichen, noch bevor sich eine irgendwie beträchtliche Erkaltingkruste bilden konnte, also offenbar vom Moment seines Auftretens an, gewaltige Dampfmassen. Wir stehen vor der Frage: Auf welche Weise kam dieser breiige, dampferfüllte Mantel, diese mächtige Magmaüberflutung des ganzen Planeten zustande?

Im Lichte der KANT-LAPLACE'schen Hypothese ist der Mond im allgemeinen Erkaltingprozesse weiter fortgeschritten als die verwandte Erde; es ist demnach anzunehmen, daß sein Anblick uns eine Phase aus deren Zukunft vor Augen führt. Die Bodengestaltung unseres Nachbargestirns mahnte jedoch bisher hinsichtlich seiner Einfügung in die allgemeine Entwicklungsreihe zu größter Vorsicht. Durch die beschriebenen Versuche scheint mir nun eine Brücke geschaffen, welche unsere Phantasie wohl zur Vorstellung eines zukünftigen Mondstadiums der Erde führen könnte und die Ereignisse auf dem Trabanten als eine einfache Folge seiner weiter fortgeschrittenen Erkalting erscheinen ließe.

Bekanntlich unterliegt unsere Erde einer Zusammenziehung, die nach den Darlegungen von THOMSON und dem jüngeren DARWIN hauptsächlich die Schichten einer gewissen

Tiefe trifft und die oberste Rinde zur Anpassung zwingt. Diese Anpassung findet ihren Ausdruck in der Gebirgsbildung, mit der das Auftreten von Bruchlinien und Senkungsgebieten, aus denen die vulkanischen Eruptionen hervorbrechen, Hand in Hand geht. Die magmatischen Vorgänge, sowie die mit ihnen zusammenhängenden Erdbeben sind, trotz der bedeutenden lokalen Veränderungen, die sie hervorrufen können, im Hinblick auf die Dimensionen der Erde als unbedeutend zu bezeichnen. Das Auftreten von Entlastungsspalten bedingt das Hervortreten der unter hohem Druck befindlichen Massen der Tiefe unter Verflüssigung¹ und Entwicklung von Dämpfen oder Gasen. Manchmal bleibt diese Eruptionstätigkeit an der Entlastungsstelle lange Zeit hindurch bestehen, manchmal verschwindet sie nach gewisser Frist wieder, um vielleicht später von neuem einzusetzen: das von KARL VOGT gebrauchte Bild von „Nietspalten“ der Erdkruste kennzeichnet jedenfalls den Vorgang in treffender Weise. Eine solche Gestalt werden die vulkanischen Prozesse im wesentlichen noch so lange beibehalten, als die spröde Erdrinde sich der Volumverringerung anzupassen vermag. Was wird aber geschehen, wenn dies nicht mehr der Fall ist und die Zusammenziehung doch noch weiter fort dauert? Dann wird der Augenblick kommen, wo das schon über und über gefaltete und zerborstene Gewölbe in sich zusammenstürzt und allorts die entfesselten Massen der Tiefe hervorquellen läßt. Sie werden, das Trümmerchaos der Rinde überflutend, vielleicht aufschmelzend, sich als Hülle aus heißem Lavabrei um den Erdball legen und, vom Moment ihrer Befreiung an, mit furchtbarer Gewalt die eingeschlossenen oder erst sich bildenden Dampfmassen hervorbrechen lassen und damit jene Vorgänge einleiten, die wir bei den Versuchen beobachten konnten. Ihr Ergebnis wird nach Eintreten des Ruhezustandes jene öde Kraterwüste sein, die uns von unserer Nachbarwelt entgegenblickt.

Ich habe das Hervordringen der unter der Erdrinde gelegenen Massen als Katastrophe geschildert; man kann sich

¹ Ich schließe mich hier der Auffassung von SUESS an; indes kann man natürlich auch mit Hilfe der älteren Annahme eines glutflüssigen Erdinnern die hier entwickelten Anschauungen ableiten.

indes wohl auch eine ruhigere Abwicklung des Prozesses vorstellen, bestehend in einer allmählichen Besitzergreifung der Erdoberfläche durch die Materie des Innern auf Kosten der alternden Hülle. — Man könnte hiergegen vielleicht einwenden, daß keine stetige Zunahme der vulkanischen Vorgänge in der Erdentwicklung vom Azoikum bis zur Jetztzeit zu konstatieren sei. Dem ist entgegenzuhalten, daß wir ja vom Zeitpunkt der ersten deutlichen Anfänge des Untergangs der Erdrinde zweifellos noch sehr weit entfernt sind, ja, daß ihm erst verschiedene andere durchgreifende Veränderungen auf unserem Planeten, deren Erörterung hier zu weit führen würde, sicher vorausgehen werden. Noch sind wir im Zeitalter der „Nietspalten“, die in der einen geologischen Epoche etwas mehr, in der andern etwas weniger hervortreten; man würde wieder auf die verlassene HUMBOLDT'sche Auffassung der Vulkane als „Sicherheitsventile“ zurückkommen, wollte man in ihnen schon die Vorboten eines nicht allzu entfernten Mondstadiums der Erde erblicken.

Die entwickelte Hypothese sieht also im Monde eine normale Phase in der Entwicklungsgeschichte der Planeten. Es sei abschließend erwähnt, daß sie auch die Annahme nahe legt, daß auf unserem Trabanten einst ein nicht minder vielgestaltiges organisches Leben herrschte als bei uns, das aber schon lange vor der Magmaüberflutung erlosch und dessen letzte erhaltungsfähige Spuren diese für immer unter sich begrub.

14. Oktober 1910.

Für die Ausführung der photographischen Aufnahmen zu vorstehender Arbeit spreche ich Herrn FR. SCHÄFER, Höchst, auch an dieser Stelle meinen Dank aus.

Tafel-Erklärungen.

Alle Präparate sind verkleinert wiedergegeben.

Tafel VI.

- Fig. 1, 3, 4. Ringgebilde 1. Art, den Mondringgebirgen mit Zentralkegel entsprechend. (Fig. 4 zeigt einen Doppelkrater nach Art der Gruppen Aristillus-Autolycus, Ritter-Sabine usw.).
 „ 2. Dieselben Formen mit versunkenem Zentralberg.

Tafel VII.

- Fig. 1. Ringgebilde 2. Art, aus sehr dünnem Brei hervorgegangen, einem lunaren Mare entsprechend.
 „ 2—4. Ringgebilde 2. Art, aus etwas zäherem Material entstanden. Vergleichbar den Wallebenen des Mondes. Fig. 3 und 4 weisen die drei charakteristischen Ringgebirgsformen der Wallebene Clavius auf: 1. Wallebenenumgrenzung, 2. Ringgebirge mit Zentralkegel, ihr aufgesetzt (Fig. 4) und 3. kleinere „Kratergruben“ in ihrem Innern (Fig. 3).

Tafel VIII.

- Fig. 1. Künstliches Massengebirge, besondere Ausbildungsform des Ringbildungsprozesses 2. Art.
 „ 2. Kleinere Ringformen 2. Art, mit größeren Mondringebenen ohne ausgesprochenen Zentralberg vergleichbar.
 „ 3. Künstliche Rille, zwei kleine Krater aufreihend. Konzentrische Hügelzüge (Distrikt Aristarch-Herodot!). Krater mit und ohne zentralen Kegel.
 „ 4. Verzweigte künstliche Rille, mehrere kleine Kratergruben aufreihend; das Präparat kann der Hyginusgegend auf dem Monde verglichen werden.
 „ 5. Künstliche Mondlandschaft. Oben Wallebene, drei Krater umgrenzend, von denen zwei einen Zwilling nach Art der Gruppe Theophilus-Cyrillus bilden. In der Mitte des Bildes ein weiterer Krater mit Zentralkegel, von Bergarmen umgeben, die links einen nahezu viereckigen Raum abgrenzen.



1.



2.



3.



4.

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Kommel & Co., Stuttgart.

G. Dahmer: Die Gebilde der Mondoberfläche.



1.



2.



3.



4.

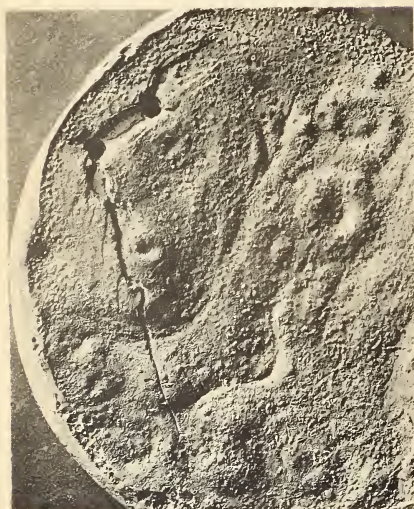
Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.



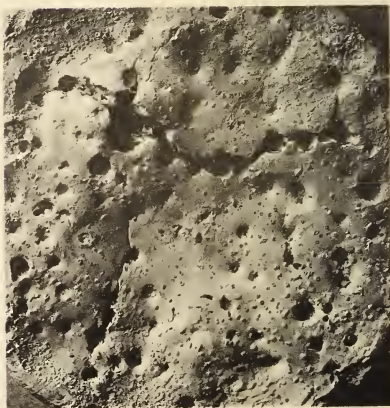
1.



2.



3.



4.



5.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [1911](#)

Autor(en)/Author(s): Dahmer Georg

Artikel/Article: [Die Gebilde der Mondoerfläche. 89-113](#)