

Gestalten der Mondoberfläche.*)

Von **Franz E. Sueß.**

(Mit zwei Tafeln [V und VI]).

Vergleiche sind die Sprossen der Gedankenleiter, an denen wissenschaftliche Erkenntnis emporzuklimmen vermag, um immer weiteren Ausblick zu gewinnen über die Mannigfaltigkeit der Dinge, über deren Zusammenhänge und wechselseitige Beziehung. Gruppen von Körpern oder Gruppen von Vorgängen bringen die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften zum Vergleiche. Vergleichend suchen die systematisch-biologischen Wissenschaften Ordnung und Einteilung zu erzielen in der so überwältigend vielgestaltigen Menge der lebendigen Körper und suchen die Ursachen ihrer Verschiedenheit und ihrer Wandlungen zu ergründen; und die Wissenschaften, deren Aufgabe es ist, die Gesetze der räumlichen und zuständlichen Veränderungen der Körper zu erforschen, suchen für den wägenden und messenden Vergleich bestimmte gerichtete, eindeutige Vorgänge aus dem unübersichtlichen Strom des Naturgeschehens zu sondern. Die Wissenschaft von der Erde will aber die Eigenheiten und die Bildungsgeschichte eines einzigen, fast alle unserer unmittelbaren Erfahrung zugänglichen Vorgänge und Dinge umfassenden Naturkörpers kennen lernen. Auch sie sucht vor allem auf dem Wege des Vergleiches die Geschehnisse der Vergangenheit aus den gegenwärtigen, aus den uns zugänglichen besonderen Beispielen ehemaliger abweichender, anders gearteter Zustände zu ermitteln. Die Vergleichshilfe schwindet ihr aber fast gänzlich, sobald sie sich den letzten Zusammenfassungen zuwendet und den Fragen nach den letzten wirkenden Kräften, denen die Erde die individuellen Züge ihres Antlitzes verdankt. Die Erkenntnis des Werdeganges der Erde von ihren glühenden Anfängen bis zum heutigen Zustande würde uns gewiß erleichtert sein, wenn es uns vergönnt wäre, ihr mehrere äh-

*) Zum Lichtbildervortrag in der Versammlung am 30. April 1917.

liche, doch in stofflicher Zusammensetzung, Alter und Größe verschiedene planetarische Körper an die Seite zu stellen. Unsere Kenntnis von planetarischen Körpern bleibt aber auf den engsten Familienkreis der Erde, auf ihre sieben Geschwisterplaneten beschränkt. Allerdings bietet diese kleine Gesellschaft schon genug der Abwechslung. Der in einen Riesengasball gehüllte Jupiter mit seinem orangeroten Fleck; der stark abgeplattete Saturn mit seinen längs gegliederten Meteoritenringen und einer Schar von Monden, der Mars mit der spärlichen Wasserhülle und seinen rätselhaften Linien, der kleine Merkur mit gehemmter Revolution, — diese spärliche Probe gewährt uns eine Ahnung von den möglichen Mannigfaltigkeiten in Gestalt, Beschaffenheit und Zusammensetzung von erstarrenden oder erstarrten Weltkörpern. Aber selbst die nächsten und vertrautesten unter ihnen sind uns noch viel zu weit entrückt, um irgend etwas über die Gestaltungsvorgänge auf ihrer Oberfläche erkennen zu lassen. Nur der kleine Mond, nach Anschauung der Astronomen der Sohn der Erde, ist hinreichend nahe und erlaubt uns, in seinen Zügen genauer zu lesen. Sonderbar fremd blickt auch er uns an; aber gerade der Umstand, daß der Mond keine einfache Wiederholung der Erde ist, gibt uns Gelegenheit, die aus irdischen Erfahrungen gewonnenen Vorstellungen über die gestaltenden Vorgänge, welche die Entgasung und Erstarrung eines Weltkörpers begleiten, zu ergänzen und zu erweitern. Manches lehrt uns der Mond für die Wissenschaft von der Erde, mehr noch läßt er uns vermuten. Wie weit wir den Vergleich führen können, soll hier in allgemeinen Umrissen zu erläutern versucht werden. Dabei sollen hier, neben einigen anderen, vor allem die Ausführungen von E. Sueß, P u i s e u x, S a c c o und F. v. W o l f f leitend sein.

Die alte Meinung von der Wesensgleichheit zwischen Erde und Mond, welche schon Pythagoras; ja vielleicht schon Thales, und durch lange Zeit die meisten Sternkundigen gehegt hatten, der lockende Glaube an eine nahe Geschwisterwelt, bewohnt von denkenden und fühlenden Wesen; diese eine ungebundene Phantasie so reichlich nährenden Vorstellungen wurden anscheinend bestätigt durch Galileis und Keplers erste Blicke durch das Fernrohr. Man erkannte die „erdige

Natur“ des Mondes. Man sah Gebirge und Täler; auch Wasseransammlungen vermeinte man zu sehen und die auffällige Regelmäßigkeit der Ringgebirge war für Kepler ein Beweis beabsichtigter Gestaltung; großartige Festungsbauten, vielleicht auch Schutzbauten gegen die allzu heftige Sonnenbestrahlung sollten da die tatkräftigen Ingenieure der „Endymioniden“ errichtet haben. Aber bereits Huygens (1622—1695) verneinte das Vorhandensein von Wasserflächen auf dem Monde; auch Flüsse und Wolken konnte er nicht wahrnehmen und aus der Reinheit des Mondrandes schloß er auf das Fehlen einer Lufthülle. Aber diese Erkenntnis wollte vielen nicht zusagen, denen der Gedanke an einen toten und zwecklosen Weltkörper unerträglich schien; und bis in späte Zeit suchten sich Gelehrte durch allerlei Scheingründe den Weg zu den schönen Gefilden der Phantasie offen zu halten.

Als es der verbesserten Optik gelang; die Mondscheibe näher heranzurücken; mußten diese Träume dahinschwinden. Gegenstände von zwei Kilometer Länge können mit guten Fernrohren heute deutlich gesehen werden. Es fehlt; nach allen Wahrnehmungen, jede Spur eines Lebens oder einer Lebensmöglichkeit im irdischen Sinne. Spuren einer atembaren Lufthülle müßten sich durch Lichtbrechungen oder Trübungen knapp am Mondrande, unmittelbar vor einer Sternbedeckung bemerkbar machen. Man sieht auch keine Wasserflächen; kein Eis, keine Schneefelder, keine wandernden und wechselnden Wolken; ohne Schutz und Hülle sind die Felsen des Mondes den glühenden Sonnenstrahlen preisgegeben. Man sieht aber auch keine der uns Erdbewohnern vertrauten Geländeformen, keine langgestreckten Flußtäler mit verzweigten Nebentälern, keine gerundeten Berglandschaften, keine durch Wind oder fortschreitende Meeresbrandung abgearbeiteten Einbnungsflächen. Die Gebirge des Mondes können nicht verglichen werden mit den langhinziehenden Faltengebirgen der Erde; am Aufbau der irdischen Kettengebirge haben stets Sedimentgesteine oder Schichtgesteine großen Anteil und nur geschichtete Gesteine sind befähigt; größere Faltungszonen zu bilden, und da auf dem Monde Meeressedimente fehlen, entfällt auch die Grundbedingung für die Entstehung von Faltengebirgen. All dies zeigt, daß Wasser und Luft auf dem

Monde niemals in größerer Menge vorhanden gewesen sind.

Pickering deutet gewisse Helligkeitsänderungen in der Umgebung des Tycho als nächtliche Eisniederschläge, die mit der Sonne schwinden¹⁾; in dem veränderlichen Doppelkanal des Aristillus vermutet er Anzeichen einer Vegetation; Korn und Staemler schlossen aus einem Schattenwechsel im Taquet; daß der Krater am frühen Mondmorgen noch von der Nacht her mit Dampf oder Eis erfüllt sei²⁾; Luther meinte eine Entfärbung des Planeten Mars bei der Annäherung an die Mondscheibe vor seiner Überdeckung wahrzunehmen und schloß daraus auf eine dünne Mondatmosphäre von etwa 100 km Höhe. Auch wenn diese und noch andere, von vielen Seiten bestrittenen Angaben über schwache Reste einer Mondatmosphäre sich in der Zukunft bestätigen sollten, so würde dadurch doch der Gegensatz zwischen beiden Himmelskörpern in bezug auf das geologische und morphologische Bild nicht gemildert werden.

Die Gestaltungen im großen und ebenso die Einzelformen des Geländes am Monde sind wieder nicht auf der Erde zu finden und die irdischen Geländeformen können zur Erklärung der Mondgebilde nur bedingt und mit Einschränkungen zu Rate gezogen werden. Schon mit freiem Auge unterscheidet man am Monde hellere und dunklere Flecken mit unscharfen Grenzen; an ihnen übt sich die Phantasie, um verschiedene Figuren oder Gesichter zu entnehmen. Die hellen Teile werden von altersher als „Terrae“ oder Länder, die dunkleren als „Maria“ oder Meere bezeichnet. Die Terrae sind im allgemeinen gebirgigere, höher gelegene Teile. Die Maria sind wenig gewellte Senkungsfelder, bald umgeben von geradlinigen oder gebogenen Sprüngen; streckenweise auch verfließend mit gebirgigeren Teilen. (S. Tafel VI.)

Ein schärferes Theaterglass genügt schon, um uns mit der besonderen Eigenart des Mondes bekannt zu machen; wir

¹⁾ W. H. Pickering. *Meteorology of the Moon*. *Popular Astronomy*. Vol. 23, p. 129.

²⁾ I. Korn. Ueber eine auffallende Erscheinung im Krater Taquet im Mare Serenitatis. *Sirius* Bd. 44. 1911, S. 180. — Staemler, ebenda. Bd. 45. 1912, S. 83.

sehen Strecken des Mondes über und über bedeckt mit ringförmigen Gestalten, die sogenannten Terrae; den Südpol umgibt eine größere Fläche derartigen Gebietes. Vereinzelt, manchmal auch in größeren, scharf umgrenzten Formen, finden sich die Ringe auch auf den sogenannten Meeren.

Was am Monde als Gebirge bezeichnet wird, läßt sich mit den Gebirgen der Erde kaum vergleichen; die bedeutendsten unter ihnen, genannt Alpen, Apenninen und Karpathen, sind gehobene Bruchränder von zerborstenen Schollen. Mit bogenförmigem Rande sinken sie steil ab gegen das Mare imbrium (Tafel VI). Andere, wie Rhipaeus und Altai, sind einfache Bruchstufen; der letztgenannte ist die höchste einer Reihe von Staffeln, die zum Meere Nectaris im ganzen 5000 m tief hinabsinken. (S. Tafel V.)

Dazu kommen noch die verschiedenen Arten von „Selenoklasen“, von feinen Sprüngen, Rissen, Klüften und offene Spalten, welche geradlinig oder gebogen, oder auch im Zickzack manche Stellen der Mondoberfläche zerteilen, ohne daß eine besondere Gesetzmäßigkeit in ihrer Anordnung zu erkennen wäre. Das „Tal des Reitha“ ist eine Einsenkung von etwa 20 km Breite; scharf und geradlinig durchschneidet das sogenannte „Tal der Alpen“ das Gebirge (Tafel VI); es ist 4 bis 6 km breit und 150 km lang. Ein bogenförmiges Sprungsystem durchzieht das Mare Humorum parallel seinem Randbruche. Durch parallel geradlinige Sprünge in der Mitte der Mondscheibe, in der Umgebung des Albategnius und Ptolemaeus scheint sich eine Art „Spaltbarkeit“ (E. Sueß) des Mondes zu verraten. Sie reicht bis in die Nähe des Mare Serenitatis. Manche Spalten sind äußerst dünn und zart; viele bleiben gewiß noch jenseits der Wahrnehmbarkeit.

Von den großen Ringgebirgen führen Übergänge zu kleineren Kraterbergen; unterhalb 20 km Durchmesser nähern sie sich bereits irdischen Größenverhältnissen, und viele der kleinen noch wahrnehmbaren trichterförmigen Öffnungen sinken mit ihrem Durchmesser unter 1 km hinab.

Noch eine besondere Erscheinung des Mondbildes soll hier zunächst nur erwähnt werden; es sind weiße Strahlenkränze, welche einzelne ausgezeichnete Ringgebirge umgeben.

Über den größten Umkreis sendet Tycho die zarten weißen Strahlen aus; sie überdecken ein Viertel der sichtbaren Mondfläche. Schöne Kränze zieren auch Copernicus und Kepler; kleinere haften an Lalande, Manlius, Steionus u. a. (Tafel VI).

In den Ringgebirgen ist das Haupträtsel des Mondes enthalten: auf der Erde werden ringförmige Berge nur durch vulkanische Vorgänge aufgebaut; und bald nach der Anwendung des Teleskops wurden die Mondberge mit den Vulkanen der Erde verglichen. Nasmyth und Carpenter haben Reliefbilder des Mondes und der phlegräischen Felder nebeneinander gestellt; um die Ähnlichkeit zu erläutern, und auch andere Gebiete mit gedrängten Vulkangruppen, Kratern, Latium, Auvergne, Guatemala u. a. mit der Mondoberfläche verglichen. Aber wenn wir auch durch diese Ähnlichkeiten auf die Auffassung der Ringgebirge als vulkanische Bildungen eindringlich hingewiesen werden, so ist damit deren Entstehung doch noch lange nicht in befriedigender Weise erklärt. Nicht ohne weiteres können die Wahrnehmungen an irdischen Vulkanen auf die Mondformen übertragen werden; je genauer wir zusehen, desto zahlreicher und auffälliger werden die Unterschiede. Auf der Erde ist der tätige Vulkanismus auf verhältnismäßig schmale Zonen eingeengt; und nur da und dort vermag er seine Gestaltungskraft zur Geltung zu bringen. Auf dem Monde aber besteht; soweit wir urteilen können, die ganze Oberfläche aus vulkanischen Gebilden und mehr als ein Drittel der Oberfläche ist vollkommen überdeckt von dicht gehäuften, zum Teil einander durchschneidenden und ineinandergestellten Ringgebirgen. Bereits 1878 zählte Schmidt etwa 32.000 Ringgebirge auf der sichtbaren Mondscheibe, und mit Einrechnung aller der kleinen Löcher; welche durch gute Fernrohre zu sehen sind, kann die Zahl wohl auf mehr als 100.000 erhöht werden.

Aber mehr noch als durch Zahl und Verteilung; entfernen sich die Ringgebirge von den Vulkanen der Erde; durch ihre Größe und ihre gesamte Bauart, und bei den größten Ringgebirgen, die man als Wallebenen bezeichnet, entgleitet uns der Vergleich mit irdischen Kratern fast vollkommen. Ins Ungeheure gedehnt ist die innere Kraterfläche im Verhältnis zur Höhe der Randkante. Der dunkle Kreis

des Grimaldi am Westrande hat zum Beispiel einen Durchmesser von 254 km. Die Fläche des Ptolemaeus nahe der Mitte der Mondscheibe berechneten Neison und Klein auf 22.000 km²; das ist bedeutend größer als das Königreich Sachsen (15.000 km²). Viele der Wallebenen haben 100 bis 200 km Durchmesserlänge. Plato am Rande der Alpen (Tafel VI) noch 124 km Durchmesser. Wallkrater oder Ringkrater nennt man die kleineren Formen mit Durchmessern von 40 bis 30 oder noch weniger Kilometern; die Neigung der Innenböschung kann bis 25° gesteigert sein.

Im Gegensatz zu den irdischen Vulkanbergen, welche sich zumeist auffällig über die Umgebung erheben und meist nur am Gipfel einen verhältnismäßig kleinen Krater aufweisen; sind die Ringgebirge des Mondes fast durchwegs negative Relief-formen. Von außen her ist der Anstieg gegen den Wallrand sanft, gegen innen ist der Abfall meist sehr steil. Bei großen Ringgebirgen von über 90 oder 100 km Durchmesser steigt der Wallrand 1000 oder 1500 m hoch empor; die innere Ein-senkung ist im allgemeinen zirka 3500 m tief eingesenkt. Aber auch die am tiefsten eingesenkten Wallkreise sind, als Ganzes betrachtet, nur sehr flache Schüsseln mit wenig empor-gezogenem Randwulst. Die Innefläche ist bei manchen glatt und eben, wie zum Beispiel bei Archimedes (Tafel VI) und bei Plato; nicht selten liegen kleinere Krater unregelmäßig grup-piert im Innern des größeren; und sehr oft erhebt sich in der Mitte der Innenebene ein steiler Gebirgsstock, das soge-nannte Zentralgebirge. Gar oft bildet es mächtige Zacken. Im Theophilus ragt es 2000 m hoch über den Kratergrund; der Abfall von dem Kraterrande zur Tiefe beträgt hier aber 3500 m; und so wie hier bleibt auch in allen ähnlichen Ring-gebirgen der Gipfel des Zentralgebirges stets weit unter dem Kraterrand.

Es hat nicht an Erklärungsversuchen gefehlt; welche von einer Mitwirkung vulkanischer Vorgänge bei der Entstehung der Mondgebirge ganz absehen wollen. Eine größere Anzahl von Anhängern hat die Meteoritenhypothese gefunden, darunter einige Forscher von bedeutendem Rufe. Unter dem Pseudonym „Asterios“ haben zuerst die Brüder Thiersch die Meinung ausgesprochen; daß die Löcher im Monde mit ihren aufge-

stülpten Rändern durch den Aufsturz von meteorischen Bällen entstanden seien. Meydenburg hatte früher schon die Mondgebilde mit Fallspuren kleiner Staubmengen auf eine größere Staubfläche verglichen und Althaus fand einige Ähnlichkeit mit Schußlöchern in Panzerplatten. Der hochverdiente amerikanische Geologe G. K. Gilbert hat die Hypothese eifriger verfochten und bezeichnete den Coon-Butte oder Meteor-Krater in Arizona als einen Mondkrater auf der Erde. Shaler ging noch weiter und suchte die Mond-Mare durch Verflüssigung kleinerer Satelliten beim Aufsturz auf die Mondoberfläche zu erklären. Martus suchte dem Problem noch mit Hilfe der Mathematik näher zu kommen und die Umrisse einiger Ringgebirge als Schnittkurven mit der zylindrischen Bahnfläche der kugeligen Boliden zu berechnen. Das geradlinige Tal der Alpen (Taf. VI) hält er für einen „Streifschuß“, die Wegspur eines mit geradliniger Bahn vorbeisausenden meteorischen Körpers.

Die Hypothese der Entstehung der Ringgebirge durch Einwirkung von außen kann dennoch nicht die erste Vorstellung von deren Bildungsweise durch innere Kräfte verdrängen. Theoretische Erwägungen, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann, widersprechen ihr ebenso wohl, wie manche Einzelheiten der Gestalt und Anordnung der Mondgebirge. Dies wird sich zeigen bei dem folgenden Versuche; dem Verständnisse der Mondgestalten mit den Erfahrungen über den irdischen Vulkanismus näher zu kommen.

Nur eine zentral, von einer Stelle aus, wirkende Kraft vermag Kreistformen zu schaffen. Auf der Erde wirken Kräfte dieser Art nur im Vulkanismus in seinen zentralen Eruptionen. Dauernde Tätigkeit an einem zentralen Schöte baut Kegel vom Typus des Ätna oder Vesuv; solche Bergformen sind, wenn überhaupt vorhanden; am Monde gewiß unscheinbare Ausnahmen. Negative Formen, der Gestalt nach den Mondvulkanen näher vergleichbar, entstehen auf der Erde durch einmalige Explosionen nach dem Maartypus. In der Tat haben Nasmyth und Carpenter in ihrem seinerzeit berühmten Buche über den Mond die Ringgebirge als riesige Explosionskratere aufgefaßt. Aber die ursprüngliche Form des Explosionskraters ist trichterförmig eingetieft; nicht

eingeebnet. Bei irdischen Explosionskratern erfolgt eine Ein-
ebnung meist nachträglich durch Absatz in einer Wasser-
ansammlung und durch Zusammenschwemmung; solche Vor-
gänge können auf dem Monde nicht eintreten. Die Annahme
der beiden Engländer, daß die zurückfallende Asche den Krater-
schlund mit ebener Oberfläche ausfüllen könnte; befriedigt
nicht; denn es wäre schwer vorzustellen, daß die lockere
Schutthäufung in fast allen Fällen eine vollkommen ausge-
glichene Ebene schaffen konnte. Die Ebene entspricht viel-
mehr der Oberfläche einer erstarrten Flüssigkeit.

Der berühmte amerikanische Geologe J. Dana hat zu-
erst einen ausführlichen Vergleich gezogen zwischen den vulka-
nischen Gestalten auf Hawaii und den Mondbergen. Der Astro-
nom W. Pickering suchte den Vergleich durch zahlreiche
photographische Aufnahmen zu stützen. Die Sandwichs-
seln sind enorme Lavaanhäufungen, die mit äußerst sanftem
Winkel zu großen Höhen ansteigen, somit sehr großartige
positive Vulkanbauten; auf dem flachen, fast ebenem Scheitel
sind Einbruchskratere mit elliptischem Umriß steilwandig ein-
gesenkt, die wohl zu den größten der Erde gehören, aber
doch um das Vielfache hinter einem mittleren Mondkrater
zurückbleiben. Der kleine Senkungskrater, welcher der
zurücksinkenden Lavasäule durch Einbruch gefolgt ist; steht
wie bei den Schildvulkanen Islands in keinem Verhältnis und
in keinem organischen Zusammenhange mit der Gesamtgestalt
des Berges. Die Mondkrater aber sind keine einfachen, rand-
losen Senkungskessel. Der erhöhte Riesenwall und die Riesen-
senke gehören zusammen und bilden zusammen eine Riesen-
schüssel, ein organisches Ganzes, daß durch einen einheitlichen
Vorgang aus einem Gusse geformt worden ist. Irdische Schild-
vulkane in ihrer Gesamtgestalt scheinen zunächst ebenfalls
keinen dankbaren Vergleich zu ermöglichen.

Dennoch haben wir hier anzuknüpfen. Nur das ruhige
Steigen und Sinken andauernd dünnflüssiger Lavamassen kann
Vulkangebilde hervorbringen; welche zwar in ihrer Dimension
noch weit außerhalb des Vergleiches mit dem Mondgebirge
bleiben, deren Gestalt aber uns den Mechanismus der Mond-
gebirge ahnen läßt. Zeitweise steigt die Lava des Halemau-
mau über die Kante des Schlot'es empor, über den Boden des

Kilaueakraters auseinanderfließend bildet sie einen annähernd kreisförmigen Lavafleck. Dabei werden Lavaschollen und Schlackentrümmer durch die Strömung nach außen gegen den Rand des Lavaergusses geschoben und dort zu einem kreisförmigen Wall zusammengestaut. Der Wall wird gefestigt, versickern und in Zeiten vorübergehenden Hochstandes des Lavaströme, welche zeitweise durch den Blockwall hindurchsickern und in Zeiten vorübergehenden Hochstandes des Lavasees über die Kante hinabfließen und auf der Außenseite des Walles hängen bleiben. Der Lavasee kocht so in der von ihm selbst geschaffenen Schüssel. Durch gesteigerten Lavaausbruch, der den ganzen Boden des Kilaueakraters überdeckt, wird der Wall wieder zerstört; sinkt die Lava aber wieder in den Schlot zurück, so kann der letzte Beckenrand eine Zeitlang erhalten bleiben; so blieben, umsäumt von einem niederen Wall, die Reste des 1874 gebildeten Kilaueasees durch einige Jahre sichtbar.

Dieses kleine irdische Beispiel dürfen wir als allgemeines Schema des Vorganges ansehen, welcher die Ringgebirge auf dem Monde aufgebaut hat, allerdings ins Riesenhafte vergrößert und umgestaltet durch die veränderten Bedingungen: durch die anderen Schwereverhältnisse und andere Beschaffenheit von einer zentralen Achse, von der im Schlot durch längere Zeit kochenden und auf- und niederschwankenden Lavasäule, nach allen Seiten gleichmäßig wirkenden Aufschmelzung. Aus dem erstarrenden Rande des überfließenden Lavafladens entsteht die wulstartige Umrandung. Durch zeitweisen Anstieg wird sie allmählich erhöht und zum Ringwall aufgebaut.

Eines der am schönsten und am klarsten gezeichneten Ringgebirge ist Theophilus; sein Durchmesser beträgt 105 km. 5500 m tief ist der Kraterboden eingesenkt unter den Kraterand; ein steiles Zentralgebirge liegt in seiner Mitte. Größere Lavamengen scheinen über den scharfzackigen Kraterand nicht geflossen zu sein. Unter wiederholtem Aufkochen hat vermutlich die Lava ihr Feld nach allen Seiten immer mehr geweitet, den Ringwall immer mehr erhöht und dabei ein Stück des benachbarten Cyrillus weggeschmolzen. Im offenen Halemauaukrater des Kilauea auf Hawaii steigt und sinkt die Lava

in wechselnden Zeiten. Manchmal überfließt sie ringsum den Kraterboden und zerstört dabei ältere Kraterländer. Die Zeiten, in denen sie ruckweise zurücksinkt in den Schlot, werden häufig durch kürzeren Anstieg oder Stillstand unterbrochen. Randlich kann dann die Lava erstarren und die Reste der in den Pausen entstandenen Lavakruste bleiben, wenn sich die Lava noch tiefer zurückzieht, am inneren Kraterlande haften und bilden hier zu Zeiten eine gesimseartige Staffel von wechselnder Höhe und Breite, die sogenannte schwarze Kante (black ledge). Auch am Innenrand des Theophilus hat die Lava bei ihrem letzten Zurücksinken deutliche Stillstandsmarken in Form kantiger Abstufungen zurückgelassen (Tafel V). Man sieht sie mit gleicher Deutlichkeit auch an vielen anderen Ringgebirgen.

In den Schlußakt der Eruptionsgeschichte gehört, wie bei Theophilus, auch bei vielen anderen, aber nicht bei allen Ringgebirgen; das Zentralgebirge. Die Zentralgebirge sind positive Formen von sehr mannigfaltiger Gestalt, bald steile Zacken; einzeln oder in Gruppen, oder unregelmäßige Hügel. Sie sind gewiß nicht durch allmähliche Aufschüttung entstandene Kegelgebirge, wie Vesuv oder Aetna. Mit größerer Wahrscheinlichkeit werden sie als monogene Bildungen zu gelten haben, als Extrusionen des bereits zäh gewordenen Magmas, vergleichbar den irdischen Quellkuppen, oder als erstarrte Lavafontänen über dem Zentralschlot; das ist als Spratzkegel, die mit dem letzten Gasschub aus der erstarrenden Masse gefördert wurden; vergleichbar den Hornitos auf den Lavaströmen. Doch würde, wenn genaueres Zusehen möglich wäre, ein einfaches Schema zur Erklärung der Mannigfaltigkeiten gewiß nicht ausreichen.

E. Saeß verwies auf vergleichbare Vorgänge an erkaltendem Guß von geschmolzenem Stahl. Indem die Gase sich sammeln und entweichen, wird die geschmolzene Masse aufgebläht und sinkt dann in Pausen immer tiefer zurück. Erhärtete Stahlgesimse bleiben an den Tiegelwänden haften; Spratzererscheinungen zeigen sich in der Mitte oder seitlich an der Oberfläche. Der Tiegel wird bei dem Prozesse zeitweise von oben nachgefüllt; am Monde ist der Nachguß von unten erfolgt. Die Terrassen in den Ringgebirgen lehren, daß die Rück-

zugspausen genügend lang waren, um die mächtige Lava-
decke erstarren zu lassen.

Unter den tausenden Ringgebirgen ist eines eine sonder-
bare Ausnahme. Der Krater *Wargentia*, nahe am Südwest-
rande der Mondscheibe, ist bis an den Rand gefüllt, er zeigt mit
einer glatten inneren Fläche die Form eines verkehrt liegenden
Tellers; *Kilauea* bot zu wiederholten Malen bei Hochstand des
Lavasees ein ähnliches Bild (*Friedländer*). Ein ungeklärter
Zufall ließ den Lavasee im Augenblicke des Hochstandes er-
starren und dieser Umstand spricht entscheidend gegen
die Hypothese der explosiven Entstehung der Mondkratere.

Kleinere Ausbruchsöffnungen, welche am Rande größerer
Kratere aufgesetzt sind, nannte *E. Sueß* *reitende Kratere*.
Man findet sie häufig an irdischen Vulkanen. Mehrere Kratere
der phlegräischen Felder sind in dieser Weise miteinander
verbunden; die Seen von *Nemi* und *Albano* reiten am Rande
des albanischen Kraterkessels. *Mercalli* hat in einer Studie
über die Geschichte der *Solfatara* in den phlegräischen
Feldern gezeigt, daß im Laufe der letzten Jahrhunderte die
Ausströmungen von Wasserdampf und Schwefeldämpfen ge-
wandert sind; stets aber waren sie am Rande dieses flachen
Explosionskraters haften geblieben. Die junge Füllung ist ver-
mutlich nur unvollkommen verschleißt mit der Bruchfläche
des Kraters; leicht entstehen Lockerungen im Gefüge an der
Grenze zwischen beiden, welche nachströmenden Gasen im
Beispiele der *Solfatara*, eruptionsfähiger Lava in anderen Fällen,
den Durchbruch erleichtern. Auf dem Monde sind kleinere
Kratere ungemein häufig in dieser Anordnung an die größeren
angefügt. Nicht selten, wie zum Beispiel am *Stocfler*, haften
mehrere Kratergenerationen, in Gruppen immer kleiner wer-
dend, aneinander. Sehr zahlreich umkränzen sie auch den
großen *Clavius*. *E. Sueß* erinnert an den See von *Bracciano*,
nördlich von Rom, den nach *Moderni* 52 kleine reitende
Kratere umgeben.

Innenterrassen der Ringgebirge, *Wargentia* und reitende
Kratere, diese drei Erscheinungen genügen bereits, um die
Meteoritenhypothese zu widerlegen.

Polygonale Umriss zeigen die Ringgebirge namentlich
dort, wo sie durch ältere Nachbarn oder sonstiges älteres

Relief verhindert wurden, die Kreisform vollkommen zu entwickeln; manchmal haben jüngere oder spätere Spalten und Brüche die Umrißformen beeinflußt.

Bei dem Versuche, eine Aufeinanderfolge der verschiedenen Gebilde, einen allgemeinen Entwicklungsgang des Mondes festzustellen, ist vorerst die Tatsache hervorzuheben, daß in der äußeren Gestalt der Mondgebilde Altersunterschiede deutlich ausgeprägt sind. Man vergleiche zum Beispiel auf Tafel V Theophilus mit seinen beiden Nachbarringen Cyrillus und Catharina. Nicht nur durch die Lage über dem abgeschnittenen Nachbarkreis ist Theophilus als der jüngere gekennzeichnet, sondern auch durch das in allen Einzelheiten schärfer ausgeprägte Relief. Die Randkante des Kraters ist einheitlicher und schärfer gezeichnet, das Zentralgebirge steiler und zackiger, der Innenabfall deutlicher abgestuft, u. a. m. Die Umrisse der älteren Ringgebirge sind verwaschener, der Kraterrand zerrissen, unterbrochen und einwärts anscheinend durch Nachsturz der Massen mehr abgeflacht. Irgendeine Verwitterung muß hier die frischeren Bergformen mit der Zeit verwischt haben. Man gewinnt den Eindruck, daß ein längerer Zeitraum verflossen ist zwischen der Bildung von Cyrillus und Theophilus als seit der Entstehung des letzteren. Eine chemische Zerstörung der Gesteine durch Wasser und Säuren, der vorherrschenden irdischen Verwitterung vergleichbar, kann allerdings auf dem Monde nicht angenommen werden. Dagegen wird mechanische Zerbröckelung durch wechselnde Abkühlung und Erhitzung dort um so wirksamer sein. Franz schätzt die Morgentemperatur nach der Mondnacht, welche vierzehn Erdentage währt, auf -250° , sie steigt sehr rasch in der luftlosen Bestrahlung; in den Gegenden um den Äquator dürfte sie in der Zeit von 355 Stunden über 100° oder 200° und vielleicht noch höher ansteigen. In der Nähe des Poles wird auch die Tagestemperatur höchstens noch den Gefrierpunkt erreichen.

Am dichtesten gehäuft sind die Ringgebirge auf den sogenannten „Ländern“; besonders über einem großen Teil der Südhalbkugel. Nur da und dort hebt sich ein jüngerer Ring durch die scharfen Umrisse deutlicher ab von den zahllosen neben- und übereinander gehäuften älteren Ringen. Viele sind

schon undeutlich geworden, in verwischten und fast schattenhaften Umrissen oft nur in Teilen sichtbar. Diese sind wohl die ältesten sichtbaren Rindenstücke des Mondes. Sacco nennt sie „Primärflächen“. Zu den älteren gehören auch die größten Wallebenen, zum Beispiel Plutarch und Hipparchus; mit niedrigeren Rändern sind sie im allgemeinen weniger tief eingesenkt als die jüngeren. Die damals noch dünne Kruste wurde, wie es scheint, von der mächtiger emporquellenden Lava leichter und häufiger durchbrochen und im größeren Umkreise randlich aufgeschmolzen (Tafel V).

Erst nach Bildung der kraterübersäten Primärkruste sind, in unbekannter Zeitfolge, die großen Lavaergüsse hervorgetreten, welche sich heute als die dunkeln Flecke der „Maria“ von der Mondscheibe abheben. Berstung, Bruchbildung, Zerstückelung, teilweise Absenkung großer Teile der älteren Kruste sind vorausgegangen. Großartige Senkungsstufen führen zum Beispiel von der „Altai“ genannten Bruchkante nieder zum Mare Nectaris. Die Senkung beträgt hier 5000 m. In den Bogen fügt sich die Kraterreihe, welcher Piccolomini, Polybius, Catharina, Cyrillus und Theophilus (Tafel IV) angehören. Obwohl ungleichen Alters, zeigen sie sich in ihrer gemeinsamen Anordnung abhängig von größeren Strukturlinien. An Piccolomini ist südlich eine Gruppe meridionaler Bruchlinien angeschlossen, welcher das große Tal des Rheita zugehört.

Die Abhängigkeit der Umriss der Maria von umgebenden Brüchen ist oft sehr deutlich. Mit sanft bogenförmigen Steilabfall brechen Apenninen und Karpathen ab gegen die Lavafläche des Mare Imbrium. Ein vermittelndes Gebiet zwischen dem zerrissenen Schlackenwall des Apennin und den Ebenen des Mare Imbrium im Osten nächst dem Krater Archimedes wird Palus Putredinis genannt. Hier ist das abgesunkene Stück des Apennin nicht vollkommen unter die ausgleichende Lavafläche hinabgetaucht. Die schmalen Schollenrümmer, welche in paralleler Streckung den Abstieg des Apennin begleiten, deuten auf staffelweise Absenkung der Randschollen an parallelen Brüchen. Sinus Iridium im Mare Imbrium wird mit den Kesselbrüchen auf der Erde, etwa dem Golf von Neapel und der Tyrhennis, verglichen (Tafel VI).

An vielen Stellen ist die Lavaflut seitwärts hinausgetreten über die Bruchgrenzen und in die älteren Kratere benachbarter, tiefer gelegener Länderteile eingedrungen. Der Eintritt des Mare Nectaris in den Ring des Fracastoro ist auf der Tafel V sehr schön zu sehen. Ähnliche Beispiele alb oder ganz überschwemmter Kratere sind besonders zahlreich in den Gebieten der Maria Humor und Nubium. Manchmal blickt nur die oberste Kante des alten Kraterringes als zarte undeutliche Linie über die Lavafläche.

Große Lavaergüsse sind somit der Zertrümmerung und teilweisen Ablenkung der älteren Terraeflächen in einem oder in mehreren Zeitabschnitten gefolgt. Sie füllen die tieferen Teile der Mondoberfläche. E. Sueß deutete sie als „Aufschmelzungsherde“; als Anzeichen einer Unterbrechung des gleichmäßigen Ganges der Abkühlung, des erneuerten Eintretens hoher Temperatur in Regionen, die bereits erstarrt gewesen sind. Aufsteigende Batholiten haben die Oberfläche erreicht im Sinne von Daly's „Arealeruption“. Es wird schwer zu entscheiden sein, inwieweit die vorangegangenen Brüche und Senkungen beteiligt sind an der Auslösung des Vorganges; ob die Lavamassen durchaus einheitlich oder in einer Folge von Strömen ergossen worden sind. Auf einer wasserlosen Erde würden vielleicht die großen Lavaflächen am Grunde des Ozeanbeckens in den Umgebungen von Island und der Sandwichinseln ein den Mondmaren ähnliches Bild darbieten.

Die Krustenbewegungen umfassen aber einen viel größeren Zeitraum als die Marebildung. Die Brüche und Senkungsstufen, welche Mare Humor und Mare Nectaris umgeben, können in abgeschwächter Form in den Mareflächen verfolgt werden; die Mitte der Becken ist nach erfolgtem Ergüsse noch nachgesunken. Gleiches sieht man mit geringerer Regelmäßigkeit am Mare Imbrium und an anderen Mareflächen. Oft sind sie als Sprünge ausgeprägt; eine vollkommen geradlinige Senkung ist die sogenannte „Mauer“ im Mare Nubium. Häufiger aber sind auf den Mare Flächen, nicht Formen, sanft gewundene Flexuren und zarte Falten (siehe Tafel VI). Vermutlich kommen Verschiebungen tiefer liegender Schollen auf diese Weise in der verhüllenden Lavadecke

zum Ausdrucke. Aber es ist unsicher, ob man dem Eindrucke trauen darf, daß die Lava zur Zeit der Bewegung noch halb flüssige oder teigige Beschaffenheit gehabt habe; denn auch auf der Erde bewahren Falten schichtig aufgebaute Gesteine, wie zum Beispiel im Jura-Gebirge, weiche Umrisse und geben im großen das Bild einer sanft gleitenden oder fließenden Bewegung.

Die Höhenunterschiede auf dem Monde sind in erster Linie durch Senkungsvorgänge und Schollenverschiebungen bedingt. Loewy und P u i s e u x unterschieden drei Stufen: Die höchste besteht aus den alten „landfesten“ der Südhälfte; die Flächen der Mare liegen im allgemeinen 3000 m tiefer, und beiläufig um den gleichen Betrag hinabgerückt ist der Grund jener Ringgebirge, welche auf den Mareflächen gebildet wurden.

Die zeitweise Bildung einzelner Ringgebirge an verschiedenen Stellen des Mondes hat aber auch nach dem Durchbruche der Maria angedauert. Im *Oceanus Procellarum* stehen zum Beispiel Kepler und Aristillus. Am Rande des *Sinus Aestuum* steht der prächtige Copernicus (Tafel VI), Aristoteles im *Palus Putredinis*. Die scharf geränderten Formen des Tycho, des Theophilus, des Piccolomini u. a. im kraterreichen Primärgebiet sind nach ihrem Erhaltungszustand ebenfalls in eine jüngere Epoche der Mondgeschichte zu verlegen. Einige und gerade die schönsten unter diesen jüngeren Ringbergen unterscheiden sich von den älteren durch bedeutendere Erhebung über die Umgebung. Copernicus, einer der großartigsten und fesselndsten Gebilde des Mondes, hat etwas orhabenen Kraterboden, umgeben von einem gewaltigen, gegen innen abgestuften Ringwulst. Er ist im Gegensatz zu den älteren Ringgebirgen ein positiver Bau und damit näher verwandt den Vulkanen der Erde. Die modellierten Furchen und Rippen rings am Außenbange erinnern an die Oberfläche im Flusse erstarrter Lavaströme.

Unter den jungen Formen besonders häufig und alleenthalben in „Meeren“ und auf „Ländern“ verbreitet sind kleine, meist nur wenige Kilometer breite, runde Löcher. Sie erinnern an geplatze Blasen; oft sind sie kegelförmig emporgezogen, oft sind sie unregelmäßig ausgestreut, oft sitzen sie im Grunde

großer Kreise oder reitend an deren Rande (siehe Tafel V). E. Sueß verglich sie mit den Diamantschlotten Südafrikas. Solche rein explosive Gasentladungen scheinen in den jüngeren Phasen des Mondvulkanismus häufiger aufzutreten als früher.

Beachtung verdient eine zart gezeichnete, etwas gewundene Spalte am Gehänge des Copernicus gegen Eratosthenes; sie ist mit kleineren Lochkratern besetzt; in den Dimensionen nähert sie sich den von Explosionskratern begleiteten Spalten von Tarawera in Neuseeland und von Laki in Island. Reine Aufschüttungskegel vom Typus des Vesuv sind auf dem Monde, wenn vorhanden, gewiß recht selten. Einzelne Berge dieser Art werden von Pickering und Puiseux angegeben.

An jungen Ringbergen haften auch die auffälligen und merkwürdigen „Strahlenkränze“. Tycho im Südpolgebiet besitzt den größten; von ihm strahlen nach allen Seiten helle Streifen bis zu 1000 km Länge. Die Strahlenfigur bedeckt einen großen Teil der Mondoberfläche. Copernicus steht in einem lichten Hof, der sich gegen außen nach allen Richtungen in ein gestrecktes Netz lichter wolkiger Streifen auflöst. Kepler, Aristarch, Lalande u. a. sind von kleinen Strahlenkränzen umgeben, und bei manchen Ringen, wie bei Descartes und Manilius, vertritt nur ein kleiner lichter Hof die Stelle des Kranzes. Manchmal, wie bei Messier, gehen nur einzelne Strahlenbündel vom Krater ab. Die hellen Strahlen werfen kleinen Schatten, sie besitzen kein Relief und werden auch selbst von den Geländeformen nicht beeinflusst; ohne Ablenkung übersetzen sie Täler und Ringwälle. Es wird angegeben, daß manche Streifen vor Hindernissen ihre weiße Farbe verstärken und in die Ebenen unbestimmt ausflachen. Bei Hochstand der Sonne, das ist bei Vollmond, treten sie am klarsten hervor.

Nach den Bildern und Beschreibungen von Loewy und Puiseux bleibt der Umriß des weißen Fleckes gar oft unabhängig von der Lage des Ringes. Bei Copernicus ist zum Beispiel das Weiß am dichtesten nahe dem Nordrand des Kraters. Nicht immer laufen die Streifen in radialer Richtung von der Mitte des Ringes aus; gar oft gehen sie von einem Punkte des Randes, vielleicht von einem kleinen reitenden Krater aus und liegen tangential zum Ringe; manche haften

an einer randlichen Explosionsöffnung, dem Ringe gleichsam schief angesteckt, wie ein Reiherbusch am Hutrande.

Von verschiedenen Versuchen, diese merkwürdigen Gebilde zu erklären, verdient einer die ernsteste Würdigung. Mit größter Wahrscheinlichkeit sind nämlich die weißen Streifen als vulkanische Asche anzusehen, welche durch explosive Eruptionen weithin ausgestreut wurden. Man denkt an die Riesenförderungen des Krakatao und des Temboro, an die schneeweißen Bahnen von Schutt und Asche, welche die wagrecht lineilenden Glutwolken der Montagne Pelée zurückgelassen haben. Auf dem Monde hemmt kein Luftwiderstand den Stoß; geradlinig kann die Richtung des explosiven Impulses auf große Entfernungen beibehalten werden; auf der Erde wird das schneeige Weiß der frischen Asche durch Feuchtigkeit und Oxydation gar bald in bräunliche und rötliche Töne gewandelt; auf dem Monde aber, wo atmosphärische Einflüsse fehlen, mag es dauernd erhalten bleiben. Daß die weißen Streifen nicht etwa durch Fumarollen entfarbte Spalten seien, sondern Wälle von ausgeschüttetem Material, erläuterte mir ein kleiner Zufall. Mein Kind schleuderte einmal eine Streupulverschachtel auf den glatten Zimmerboden; der weiße Zerstäubungsfleck rief mir sofort den Strahlenkranz des Copernicus ins Gedächtnis. In der Tat wurde der Charakter der dünnen, scharfen und doch zart verschleierten Strahlenzeichnung aufs getreueste wiedergegeben.

Die großen Strahlenkränze von Copernicus und Kepler sind aber kaum als das Werk eines einzigen Auswurfes anzusehen. Manchmal sind anscheinend verschiedene Aschenstreifen in spitzkreuzenden Richtungen übereinander geschichtet. Loewy und Puisseux sagen, daß der dunkle Hof, welcher Kepler in einiger Entfernung umgibt, manche ältere, breitere Aschenbahnen verwischt und auslöscht, dafür aber von jüngeren, feineren Streifen gequert wird. Sie schließen hieraus, daß Zeiten vulkanischer Tätigkeit gesondert waren durch lange Zwischenzeiten, während deren Verfestigung oder Umlagerung des Bodens stattgefunden hatte.

Die Strahlenkränze werden von keinen jüngeren Ringgebirgen durchbrochen; man erblickt in dem stärkeren Hervortreten explosiver Ausbrüche in der jüngsten Phase des lunaren

Vulkanismus eine Annäherung an die Erscheinungsform des irdischen Vulkanismus; dabei wird aber auf die Frage nicht eingegangen, ob nicht doch vielleicht ältere Strahlenkränze mit der Zeit verloren gegangen sein konnten.

Ob heute noch auf dem Monde vulkanische Kräfte tätig sind, sucht fortgesetzte aufmerksame Beobachtung festzustellen; es läßt sich aber vorläufig noch nicht entscheiden, ob vereinzelte Angaben über das Auftreten früher nicht vorhandener kleiner Krater oder Kratergruppen, oder über deren Verschwinden zu Recht bestehen; oder ob die Zweifler recht haben, welche Täuschungen durch wechselnde Beleuchtung, durch ungleiche Vollkommenheit der Instrumente u. a. anzunehmen geneigt sind. Bei Hochstand der Sonne sieht man in einzelnen Mondkratern weiße Flecke, besonders im Aristarch, Humboldt und Werner; E. Sueß verglich sie mit der schneeweißen Zersetzung des Trachytes der Solfatara zu Alaun, durch die schwefeligen Dämpfe. Pickering gab an, daß der Krater Eimmart am NW-Rande des Mare Crisium vor 1913 durch einige Zeit bei Sonnenaufgang mit weißem Material (Dampfansammlung oder Eis?) erfüllt war. Wood ist es gelungen, durch Photographien mit Ultraviolettfilter am Aristarch einen großen dunklen Fleck nachzuweisen, der bei gewöhnlichem Lichte unsichtbar bleibt. Nach Vergleichsversuchen vermutet er hier eine Ausstreuung von Schwefel oder schwefeliger Asche. Derart sind die unbestimmten Anzeichen dafür, daß wenigstens die Abgabe vulkanischer Gase aus dem Mondinnern heute noch anhält.

Näheren Einblick in die Entstehung der Ringgebirge hofft man zu gewinnen durch deren künstliche Nachahmung im Laboratorium. Den Versuchen von Poulett Scrope sind die von Bergeron, St. Harrison, E. de Beaumont, St. Meunier, Sacco, Bénard, Danzère, Hooke, Darr, vielen anderen und zuletzt noch die von Dahmer gefolgt. Wenn man zähen Teig aus dem breiartigen Gemische von Ton, Schwefel, Gips, Kalk, Wachs, Bitumen u. a. aufkochen läßt, so wird der Dampf an gewissen Stellen spratzend herausgetrieben; durch Platzen emporgetriebener Blasen oder Stauungen in der Umgebung der Auftriebstellen entstehen Kreisformen, welche mit den Ringgebirgen des Mondes verglichen

werden. Die gewaltsame Entgasung bei dem künstlichen Eruptionsvorgänge vermag ebenfalls an gewissen Zentren, welche nach allen Seiten ziemlich gleichmäßig wirken, ringförmige Deformationen der umgebenden Oberfläche hervorzurufen. Aber abgesehen davon, daß die verwendeten Mittel wegen ihrer Beschaffenheit, wegen ihrer langsameren und vollkommeneren Erstarrung, weichere und gerundete Umrisse hervorrufen und den Charakter der Mondgebirge nur annähernd wiederzugeben imstande sind, scheint noch ein grundsätzlicher Unterschied zwischen dem Vorgänge am Monde und dem Experiment zu bestehen. Bei den Experimenten wird ein ziemlich stürmischer Vorgang in der ganzen Flüssigkeit erregt und es sind Vorgänge in der zähen Flüssigkeit, die beim allmählichen Erstarren des Ganzen festgehalten werden. Vielleicht haben die Vorgänge, welche am Monde zur ersten Erstarrungskruste geführt haben, in ähnlicher Weise begonnen; die heute sichtbaren Formen wurden aber in der bereits festen Kruste gebildet. Die älteren Ringe werden von viel jüngeren durchschnitten (s. Tafel V), manchen fehlt der erhabene Wulst fast vollkommen. Die schmalen Randstaffeln an steilen Wänden zeigen an, daß die Lava, ruckweise ihre Gase abgebend, in das aufgeschmolzene Glutloch zurückgesunken ist. Während der langen Geschichte des Mondes hat sich der Vorgang immer wieder in ähnlicher Weise wiederholt; er blieb im ganzen derselbe, auch nach Berstung der alten kraterreichen Kruste und nach dem Einsinken der großen Becken, welche durch die Maria überflutet worden sind.

Wir werden vielmehr zu fragen haben, wie es geschehen konnte, daß unter der Kruste die Wunden immer wieder von neuem aufbrachen; auf welche Weise bereits erstarrtes Gestein immer wieder von unten herauf geschmolzen wurde.

Auf der Erde hat an vielen Stellen weit vorgeschrittene Abtragung die tiefen Wurzeln des vulkanischen Apparates bloßgelegt. Die granitisch erstarrten Tiefenmassen durchbrechen häufig mit querdurchschneidenden Grenzen den Schichtverband des Nachbargesteines; diese werden auf Klüften von abzweigenden Gängen durchsetzt; scharfrandige Trümmer werden losgesprengt und, immer tiefer in das Magma niedersinkend, werden sie, wie wir mit Daly annehmen, allmählich in der

heißen Schmelze aufgelöst. Durch fortwährendes Nachbrechen der Decke schafft sich das Magma Raum gegen oben, bis ein letztes verschmälertes Krustenstück auf Gangspalten durchbrochen werden kann. Durch Gasdruck wird das Magma an die Oberfläche gepreßt und kann dort Vulkane aufbauen.

Als treibende Kräfte bei dem ganzen Vorgange sind die Hitze der aus der Tiefe nachdrängenden magmatischen Gase und die wärmeerzeugenden Reaktionen in den Gasen anzusehen. Mit dem Gasstrom wird auch zugleich der treibenden Energie in dem Mechanismus ein Abfluß eröffnet; es erlahmt die Kraft des Tiefenmagmas und mit dem Durchbruch zur Oberfläche wird in der Regel der Aufstieg des Tiefenmagmas und die Erweiterung der Kammer ihr Ende finden.

Die Möglichkeit wurde erwogen, daß größere Teile des Daches über dem Batholithen gleichzeitig niederbrechen und das Magma mit breiter Fläche zutage treten könne. Daly suchte es wahrscheinlich zu machen, daß die einheitlichen rhyolithischen Massen des Yellowstone-Parkes in Nordamerika in dieser Weise einheitlich ergossen worden sind und ohne Zwischenlagerung gegen unten allmählich in den granitischen Batholithen übergehen, welcher noch genügend Wärme bis heute bewahrt hat, um die berühmten Siedequellen zu unterhalten. Doch ist es ungewiß, ob auf der Erde jemals solche Arealeruptionen stattgefunden haben.

Die Kreisformen der großen Wallebenen auf dem Monde bezeugen, daß dort das Magma durch lange Zeit, wahrscheinlich unter einer dünnen Kruste, eine sehr große Durchschmelzungskraft bewahrt hat und es ist nicht aushgeschlossen, daß die Ergüsse der Maria über die berstende und sinkende Kruste als Masseneruptionen ausgeschüttet wurden.

Auf der Erde sind die vulkanischen Vorgänge wegen der weit vorgeschrittenen Verfestigung auf die schmäleren Zonen tektonischer Zerrüttung eingeschränkt und das Magma hat hier eine mächtigere starre Kruste zu durchdringen; dennoch vermag es, angeregt durch tektonische Verschiebungen, sich immer wieder einen Weg an die Oberfläche zu bahnen. Auf den engeren Bahnen hat es einen härteren Kampf gegen die Kälte zu bestehen. Häufiger wird der Gasstrom gestaut und gesammelt, bis er die Stockung durch explosive Gewalt zu

überwinden vermag. Aber auch hier ist der andauernde Gasstrom auf der Tiefe die treibende Kraft; sie erhält die Lava im Schlot durch lange Zeit in flüssigem Zustande oder erneuert immer wieder deren Durchbruchkraft nach langen Erstarrungs- und Ruhepausen.

Wie uns die Astronomen lehren, ist die Mondmasse als ganzes 3·44mal schwerer als Wasser, ihre Dichte ist zirka 0·6 jener der Erdmassen. Der Mond besteht demnach aus leichteren Gesteinen und wir vermuten, daß seine äußere Hülle von sauren Eruptivgesteinen gebildet wird. Optische Untersuchungen von Landerer bestätigten diese Vermutung. Ein Vergleich des Winkels der größten Polarisation des von den beleuchteten Mondmeeren und von polierten Gesteinsflächen reflektierten Lichtes gab die größte Übereinstimmung für Vitrophyr, einem Gesteinsglas mit mehr als 70% Kieselsäure. Bei den großen Oberflächenergüssen kann glasige Erstarrung mit größter Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Ebert verglich die wechselnden Bilder, welche die Mondoberfläche und eine größere geklüftete Glasmasse bei verschiedenem Einfallswinkel des Lichtes darbieten; aus der Art und Weise, wie manche Klüfte bei steigender Sonne sichtbar werden, schloß er, daß die Mondmeere aus einer etwas durchscheinenden Masse von glasiger Beschaffenheit bestehen. Vermutlich sind die dunkleren Maria basischeres Glas als die so hell leuchtenden Gebirge.

Die löcherige Oberfläche des Mondes gemahnt uns unmittelbar an die schlackige Kruste, durch welche sich eine erstarrende Silikatschmelze von ihren Gasen befreit hat. Die Erde bietet nur entfernt ähnliches und vielleicht würden wir mit dem Urteil über den Mond rascher fertig sein, wenn wir nicht nach Beziehungen zu den Gestaltungen auf der Erde suchen würden. Das Abbild des Erstarrungsvorganges aus einer gashältigen Schmelze ist nicht zu verkennen. Der Vorgang hat eine lange Zeit hindurch angedauert und war mit den veränderten Zuständen des Mittels während der Abkühlung auf verschiedene Weise verändert und abgestuft. Größere Aufschmelzungsherde und gleichmäßigere Massenergüsse herrschten anscheinend in den frühen Erkaltungsstadien; die Zunahme positiver Bauten unter den jüngeren

Gebilden, vielleicht auch größere Häufigkeit von Explosionen, welche die kleinen Ampullen und die lichten Aschenstreifen gebildet haben, deuten auf stärkere Einengung der Magmawege und damit Annäherung der letzten Äußerungen des lunaren Vulkanismus an die auf der Erde herrschenden Formen.

Auch auf der Erde wird der Vulkanismus in seiner Gesamtheit als großartiger Entgasungsvorgang aufgefaßt; und es wird angenommen, daß seine Luft und Wasserhülle aus dem erstarrenden heißen Erdball durch Entgasung hervorgegangen sind. Der großartige Vulkanismus des Mondes muß von großartigen Gasentbindungen begleitet gewesen sein; dennoch fehlt dort heute jede nennenswerte Spur von Luft und Wasser. Diesen Widerspruch sucht uns die Hypothese von Stoney zu erklären. Sie stützt sich auf die Formeln der kinetischen Gastheorie. Einer gewissen Temperatur entspricht eine gewisse Geschwindigkeit der Gasteilchen, welche von Clausius aus dem Ausdehnungskoeffizienten der Gase berechnet wurde. Wenn die Bewegung eine gewisse Geschwindigkeit überschreitet, so kann ein Molekül, wenn es sich aufwärts bewegt, die Anziehungskraft der Erde überwinden und von der Erde weg in den Weltraum entweichen. Leichte Moleküle erreichen diese Geschwindigkeit bei geringerer Temperatur als schwere. Aus der irdischen Atmosphäre entweichen bereits Wasserstoff und Helium. Der kleine Mond ist nach Franz auch nicht mehr imstande, Stickstoff und Sauerstoff festzuhalten. Nach Arrhenius sollten allerdings bei den herrschenden Temperaturen auf dem Monde noch Wasserdampf und die schwereren Gase zurückgehalten werden. Aber die Rechnung mit der mittleren Geschwindigkeit der Gasmoleküle bleibt bis zu einem gewissen Grade unsicher. Überdies werden aus dem heißeren Magma meistens die Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, getrennt abgeschieden. Sauerstoff kann leicht Verbindungen eingehen mit den oxydierbaren Substanzen, welche nach irdischen Erfahrungen im Magma enthalten sind. Auch andere im Entweichen gasförmige Stoffe können in fester Form in salpetersauren, schwefelsauren u. a. Salzen gebunden werden.

So nehmen wir an, daß der Mond wegen seiner geringen Anziehungskraft nicht imstande war, die Gasmassen festzu-

halten, welche durch die eruptiven Vorgänge aus seinem Innern befreit wurden.

Durch genaue Messungen haben die Astronomen nachgewiesen, daß der Mond nicht vollkommen kugelförmig, sondern um ein geringes, etwa um die halbe Höhe eines höchsten Mondberges gegen die Erde zu eiförmig verzogen ist; hieraus und weil der Mond die pendelartigen Schwankungen um seine längere Achse, die sogenannte „freie Libration“, durch Flutwirkung bereits völlig verloren hat, schließen die Astronomen, daß er zur Zeit, als ihn die Anziehung der Erde allmählich gezwungen hatte, seine Achsendrehung einzustellen, noch nicht völlig erstarrt gewesen ist. Damit übereinstimmend zeigt die Mondoberfläche die unverkennbaren Merkmale der Erstarrung aus einer heißen Schmelze unter stürmischen Begleiterscheinungen.

Verschiedene Gedankenreihen, welche hier nicht näher ausgeführt werden können, führen zu dem Schlusse, daß sich auch die Erde einst in einem flüssigen Zustande befunden hat, der eine Sonderung der Stoffe nach der Schwere, die Abtrennung einer silikalischen Schale von dem metallischen Kerne gestattet. Dies führt zu der Frage, warum auf der Erde nichts den Mondgestalten näher Vergleichbares zu sehen ist; und ob vielleicht auch hier die Gasentbindung beim Uebergang vom flüssigen zum festen Zustande, bei der Bildung der ersten Erstarrungskruste, in ähnlichen großartigen Entladungen vor sich gegangen ist.

Mancherlei äußere physikalische Bedingungen mögen den Vorgang hier und dort in ungleicher Weise beeinflußt haben. Die geringere Masse und die geringere Anziehungskraft vermindert das Gewicht der Körper auf dem Monde auf ein Sechstel ihres irdischen Gewichtes. Die Massen sind weniger komprimiert, der Gasdruck vermochte eine größere Magmasäule zu bewältigen, der Auftrieb fand geringeren Widerstand und weit größere Lavamengen als auf der Erde konnten gleichzeitig gefördert werden. Vermutlich bedingte die raschere Abkühlung des kleineren Körpers eine raschere Entbindung der Gase und damit einen stürmischeren Verlauf des Vorganges und eine baldigere Erschöpfung der inneren Kräfte. Aus Gründen der theoretischen Geophysik schließt außerdem noch F. von

Wolff, daß in der Mondkruste andere Spannungsverhältnisse herrschten, als in der Erdkruste; die äußere Kruste steht unter Dehnungsspannung und eine tiefere Kompressionsschale, welche auf der Erde dem Magma den Durchbruch erschwert, soll auf dem Monde nicht vorhanden sein; so daß dort das Magma an allen Stellen der Kruste mit gleicher Leichtigkeit zur Oberfläche durchdringen konnte.

Falls aber auf der frühen irdischen Erstarrungskruste Vulkangestalten von ähnlich riesenhaften Umrissen entstanden waren, so sind sie längst wieder verschwunden; denn durch die unaufhörliche Bewegung von Luft und Wasser ist der Schauplatz gänzlich verändert und im Laufe der Zeiten wiederholt erneuert worden. Die Geschichte des Mondes endigt mit seiner Erstarrung. Die Gebilde einer über einen langen Zeitraum ausgedehnten Geschichte, vulkanische Gestaltungen verschiedener Größen und Abarten, Spalten und Bruchstufen, durch tektonische Verschiebungen erzeugt, sind dort nahezu unverändert nebeneinander stehen geblieben.

Die tektonischen Zersplitterungen der Kruste, ihre Abstufung an Verwerfungen sind ebenfalls auf dem Monde mit schärferen Umrissen erhalten geblieben als auf der Erde.

Offene, klaffende Spalten, altes Relief durchquerend, sieht man häufig auf dem Monde. Schöne Beispiele sind Hyginus und Silberschlag, westlich vom Mare Tranquillitatis, ferner die schönen Bogensprünge, welche auf dem benachbarten alten Lande den Senkungsumriß des Mare Nubium wiederholen und verbesserte Optik enthüllt immer mehr feine und zarteste Sprünge, besonders über die alten Länder hin; hieher gehört auch die erwähnte meridionale „Spaltbarkeit“ in der Mitte der Mondscheibe. Da und dort klafft scheinbar zusammenhanglos ein größerer Sprung; das Tal der Alpen, 120 km bis 130 km lang, 9 km bis 10 km breit, gradlinig und winklig gebrochen, gleicht einer zerrenden Berstung am Rande der mit dem Namen der Alpen unterschiedenen Steilstufe. Das Tal des Rheita im südlichen Landgebiete ist eine gradlinige, breite Senkungszone mit unebenem Grunde. Der polygonale Umriß mancher großen Walkreise (Walter, Regiomontanus) u. a. ist durch deren Einfügung in ältere Sprungsysteme und Bruchstufen bedingt. Aber in diesen grad-

linigen Sprüngen ist keine im großen herrschende Regel wahrzunehmen; nur eine beschränkte Gesetzmäßigkeit kommt im parallelen Verlaufe mancher Gruppen zum Ausdrucke.

Bei der Betrachtung des Tales der Alpen erinnerte E. Sueß an den afrikanischen Graben; durch schmale absinkende Streifen von Gneis und Schiefer entstanden seitliche Randstaffeln dieses disjunktiven Grabens. Das Tal der Alpen ist allerdings ein vereinzelter Sprung ohne größere Zusammenhänge und ein größeres System von annähernd gleichgerichteten Senkungen, das namhafte Teile des Planeten überzieht, welches der großen, zum Teil gabelig verzweigten Zerspaltungszone vom Zambesi bis zum Taurus vergleichbar wäre. Ist auf dem Monde nicht zu sehen.

Die großen Festlandsmassen der Erde bilden zusammen mit der seichten und flachen Schelfzone, welche nur ausnahmsweise unter 200 Meter Meerestiefe hinabreicht, einheitliche höhere Stufen der Erdoberfläche. Sie überragen mit steilen Rändern um durchschnittlich 4000 Meter den tiefen Grund der Ozeane. Der winkelige Umriß mancher Tafelkontinente, vor allem der von Indien, Südaustralien, Afrika und Arabien, die nur selten und spärlich durch Sedimentanhäufung gemilderten Steilgehänge der Kontinentalränder können kaum anders erklärt werden als durch Bruch und Schollensenkung. Wenn auch da und dort den älteren Meeresbecken im Laufe der Erdgeschichte jüngere angegliedert worden sind und nicht unbedeutende Verschiebungen von Land und Wasser stattgefunden haben, so sind doch die Hauptkörper der Kontinente nach allen Anzeichen von uraltem Bestande. Sie sind ungefaltet geblieben während des Teiles der Erdgeschichte, den wir überschauen können und von tieferen Meeren niemals erreicht worden.

Die Mondmeere, wenn auch nicht alle gleichzeitig entstanden, stellen doch nach P u i s e u x und L o e w y eine ziemlich einheitliche Stufe dar, welche im großen Ganzen zirka 3000 Meter tief zwischen die älteren Landflächen eingesenkt ist. Die unversehrten, scharfkantigen Schollenumrisse erzählen auf dem Monde noch in überzeugenderer Weise als die Kontinentalränder der Erde von Berstung, Niederbruch und Senkung der Schollen, mit darauffolgender Ueberflutung. Kes-

brüche und keilförmige Horstgrenzen zwischen Senkungsfeldern herrschen auf dem Monde. Sinus Iridium zwischen Cap Laplace und Cap Heraclides im Mare Imbrium ist mit dem Kesselbruch der Tyrrhennis verglichen worden. In großartigen breiten Stufen senkt sich das alte Kraterland von der Altai genannten bogenförmigen Bruchkante 5000 Meter hinab zur Fläche der Mare Nectaris (Tafel IV).

Das Magma, welches über die Senkungsfelder ausgegossen wurde, scheint andere Beschaffenheit besessen zu haben als das Baumaterial der älteren Wallkreise auf den helleren Ländern. Vermutlich war es in größeren Mengen und dünnflüssiger hervorgebrochen. Damit übereinstimmend scheint die dunklere Färbung auf basischere Zusammensetzung hinzuweisen. Manche Anzeichen weisen darauf hin, daß auch am Grunde der irdischen Ozeane vulkanische Gesteine große Ausbreitung besitzen, und zwar insbesondere in Form basischer Ergüsse. Aus Tiefen bis zu 5000 Meter erheben sich die flachen Schildvulkane der langgestreckten Sandwichgruppe; auf Hawaii erreichen sie 4000 Meter Höhe. Diese Inselkette umfaßt die mächtigsten und ausgedehntesten basaltischen Ergüsse der Erde.

Auch auf Island wurden vom Meeresgrunde aus dünnflüssige basaltische Ergüsse in einer Mächtigkeit von mehr als 2000 Meter übereinandergeschichtet. Brüche bilden fast an allen Seiten die Grenzen der basaltischen Tafel und wir dürfen annehmen, daß die gleichen Gesteine vom Meere verdeckt weithin verbreitet sind, zumal sie auf den schottischen Inseln und Grönland, wie auf Jan Majen wieder zum Vorschein kommen. Es bestehen ja überhaupt die ausgedehntesten Ergußmassen auf der Erde aus basischen Magmen, und insbesondere aus Feldspaltbasalten. Wie allgemeinere Gründe annehmen lassen, treten sie dort auf, wo tiefes Magma rasch und in großen Mengen, vielleicht durch tiefe Spalten, zutage gefördert wird, so daß ihm keine Zeit bleibt zur Differenzierung in besondere Magmaarten.

Aus vulkanischen Gesteinen bestehen die meisten ozeanischen Inseln und manches Riff aus Tiefengestein, wie der Peridotit von St. Paul, der Granit von Ascension im südatlan-

tischen Ozean mag aus größeren Ergußmassen durch Erosion und Wogenprall herausgeschält worden sein.

Das sichtbare wird noch ergänzt durch die von Hecker und Mohr mittels des Vergleiches von Quecksilberbarometer und Siedebrometer durchgeführten Schweremessungen. Erhöhte Schwere wird über vielen Meeresstrecken nachgewiesen. Besonders auffallend sind zwei Strecken mit höchstgesteigerter Schwere, von denen die eine quer über den mittelatlantischen Rücken nördlich vom St. Pauls-felsen ausgedehnt ist, die zweite die Kette der Sandwichs-eln im Norden durch zwei Breitengrade begleitet. Darnach schloß E. Sueß, daß sowohl in der Tiefe des atlantischen, wie auch des pazifischen Ozeans schwerere Felsarten vorhanden sind, und zwar aber wahrscheinlich in örtlich umgrenzten Vorkommnissen. Doch sind die Flächen, welche hier in Betracht kommen, weit ausgedehnter als irgendwelche außermeerische Ergußgebiete, ein vielfaches größer als die berühmten Basaltflächen des Dekan und von Oregon.

Die allgemeine Aehnlichkeit der ganzen Anlage, die deutliche Sonderung der Oberflächen in Kontinentalblöcke und von steilabstürzenden Brüchen umgrenzten Senkungszoneu rechtfertigt wohl die von Saeco und anderen geäußerte Annahme, daß auch die Gliederung der Erdoberfläche im großen durch ein ähnliches Grundgerüst, ein Skelett von stehen gebliebenen Krustenteilen, neben großen durch steilabstürzende Brüche umgrenzten Senkungszoneu bedingt ist. Die Senkungsstufen sind auf der Erde absolut größere, sie erreichen 4000 bis 6000 Meter; im Verhältnis zur Größe des Gesamtkörpers sind sie aber kleiner als auf dem Monde, doch wäre zur Beurteilung ihres vollen Ausmasses die Verminderung der Höhenunterschiede durch Abtrag und Sedimentfällung in Betracht zu ziehen.

Senkung und Einbruch beherrscht offenbar die Bildungsgeschichte der Mondoberfläche. Die Einbrüche mochten nicht durchwegs gleichzeitig erfolgt sein, aber sie gehören in eine Epoche; sie wurden noch vor der Bildung großer Ringgebirge überdauert. Lange vor dem allmählichen Ausklingen des großzügigen Vulkanismus war das Gerüste angelegt.

Der Vergleich spricht zu Gunsten der Annahme, daß auch auf der Erde die Hauptzüge des Reliefs uralte sind und im Laufe der Erdgeschichte keine wesentliche Veränderung erfahren haben; zu Gunsten der gegenwärtig viel verteidigten Permanenz der Ozeane und der Kontinentalsockel. Sie wird vor allem gestützt durch Feststellungen aus dem Gebiete der Paleogeographie, welche in neuerer Zeit von C. Diener und später noch von W. Soergel zusammengefaßt worden sind. Die Kontinentalsockel sind im Laufe der Erdgeschichte nur von seichten Meeren überschwemmt worden. Abgesehen von einigen wenig ausgedehnten Strecken in den Zonen junger Gebirgsfaltung ist kein Teil des heutigen Festlandes je Tiefsee gewesen.

Auch auf dem Monde sind die früh eingebrochenen Flächen in tiefer Lage verblieben. Man sieht keine gehobenen Meere. Die älteste Zerberstung ist zum Dauerbilde geworden.

Später ist auf dem Monde so gut wie nichts mehr geschehen. Anzeichen von Spannungen und Verschiebungen in tangentialer Richtung sind auf dem Monde spärlich und unsicher. Nur die kurzen einander ablösenden Faltenzüge auf einigen der Lavafelder, zum Beispiel vor Sinus Iridium können in diesem Sinne gedeutet werden.

Auf der Erde aber dauern Verschiebungen größten Stiles an bis in die Gegenwart. Breite Faltungszonen hauptsächlich aus Meeressedimenten aufgebaut wurden schon in der paläozoischen Zeit älteren Tafeln angeschweißt. Auch sie sind von späteren Einbrüchen ergriffen worden und größtenteils auf ihre Kosten wurden die Meeresbecken erweitert. Manche Tatsachen der Paläogeographie lassen daran zweifeln, daß größere Landbrücken über dem nördlichen atlantischen Ozean vermutlich erst nach der tertiären Zeit aufgelöst worden sind. Die höchsten Aufragungen auf der Erde, im Himalaya, in den nordamerikanischen Anden, und anderwärts, sind jüngster Entstehung und auch die tiefsten Einsenkungen, die rinnenförmigen Vortiefen, welche nach 2000 bis 4000 Meter unter die allgemeine Fläche des Ozeangrundes hinabtauchen (Tongatiefe 8500 Meter, Kermadec vor den Palau-Inseln 8802 bis 8985 Meter), sind angegliedert an die jungen oro-

genetischen Zonen und ohne Zweifel mit diesen zugleich entstanden. Alle Meerestiefen über 7000 Meter gehören hieher. Nicht nur der Bau der Faltengebirge im einzelnen, die Stauung einseitig überworfener Faltenzüge an widerstehenden älteren Massen, die stets sich mehrenden Beispiele weitausgreifender flacher Ueberschiebungen und Auswälvungen der Sedimente zu flachen Decken aus jungen und alten Gebirgen bezeugen die Wirkung großartiger tangentialer Schubkräfte auf der Erde; fast noch überzeugender wirkt der Verlauf der jungen Leitlinien im großen, die Art und Weise, wie sie die älteren Tafelhorste umfließen, wie die jungen Falten zusammengepreßt werden zwischen den variszischen Trümmern und der afrikanischen Tafel und wie die Sedimente des mesozoischen Mittelmeeres, der zentralasiatische Tethys, zwischen der indischen Halbinsel und den von Norden her drängenden älteren Ketten noch in tertiärer Zeit aufgepreßt und zum gewaltigsten Faltenbau der Erde aufgeschoppt worden sind.

Große Mächtigkeiten faltungsfähiger Sedimente sind wohl eine Vorbedingung der Entstehung von Faltengebirgen, sie reicht aber nicht hin zur Erklärung der bis heute andauernden Unruhe der Erdkruste. Die wirkende Kraft ist in der Verschiebung der alten Schollen gelegen. Mit weichen bogenförmigen Linien, wie sie auf dem Monde nicht angetroffen wurden, werden die alten Schollen von den jungen orogentischen Zonen umflossen. Es ist der zu Faltenzonen aufgeschürfte Grund der Ozeane, welcher die Gleitrichtungen angibt. Die Ausglättung der liegenden Decken und Falten gibt einen Begriff von dem Ausmasse des horizontalen Zusammenschubes, der während der ganzen Dauer der postkambrischen Zeit bis heute wirksam geblieben ist. Auch die vulkanischen Vorgänge sind auf der Erde nach allem Anschein über einen viel längeren Zeitraum ausgedehnt. Dabei zeigt sich die chemische Zusammensetzung der Magmen aus noch nicht völlig geklärten Gründen abhängig von der Form der Zufuhrwege. Die pazifische Reihe der Magmen, aus einer kieselsäure- und tonerdereichen Grundmischung hervorgegangen, ist in ihrem Auftreten an die beweglichen und schmiegsamen Zonen, an die Zonen junger Gebirgsbildung gebunden. Aus tieferen Bruchspalten, in- und außerhalb der älteren,

starrten Schollen sind die Magmen der atlantischen Reihe gefördert worden.

Ob verschiedene stoffliche Zusammensetzung, größerer Silikatreichtum des leichteren Mondes und eine andere Gliederung der äußeren Erstarrungsschalen oder ob die durch verschiedene Größe abgeänderten Erstarrungsvorgänge und Spannungsverhältnisse der äußeren Schalen im Stande sind, die Unterschiede zu erklären, mögen Überlegungen auf astro-physikalischem Gebiete zu entscheiden versuchen.

Literatur.

1895. E. Sueß. Einige Bemerkungen über den Mond. Sitzungsber. akad. d. Wiss. Wien. IV. S. 21—54.

1896. U. Loewy & P. Puiseux. Atlas photographique de la lune publ. par l'Observat. de Paris. Weitere Hefte in den folgenden Jahren.

1906. J. Nasmyth u. J. Carpenter. Der Mond. 4. Aufl. Uebersetzung von Klein, Hamburg—Leipzig.

1906. J. W. Pickering. Lunar and Hawaiian physiographical Features compared, Mem. Americ. Acad. of Arts and Sciences. XIII, p. 151—179.

1907. F. Sacco. Essai schématique de Sélénologie. Turin.

1908. P. Puiseux. La terre et la lune. Forme extérieure et structure interne Paris 1908. S. 176.

1909. E. Sueß. Antlitz der Erde. Bd. III. H. 2 S. 683.

F. Sacco. L'évolution Sélénologique. Ciel et terre Bruxelles, 1909. p. 1—16.

A. Ebert. Die Mondmare. Die Umschau. Frankfurt a. M. XIII. S. 270—274.

1911. Günther. Vergleichende Mond- und Erdkunde. Braunschweig.

1912. J. Franz. Der Mond. Aus Natur und Geisteswelt. Leipzig. Täuber.

1911/12. Dahmer. Die Gebilde der Mondoberfläche. Neues Jahrb. f. Min. etc. Bd. I. S. 89—112. — 1912. Entstehung der Kraterfelder des Mondes. Bd. II. S. 42—44.

1911. C. Schneider. Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Leipzig. S. 74—81.

1914. F. v. Wolff. Der Vulkanismus. Stuttgart. Bd. I. Zweite Hälfte. S. 689—679.

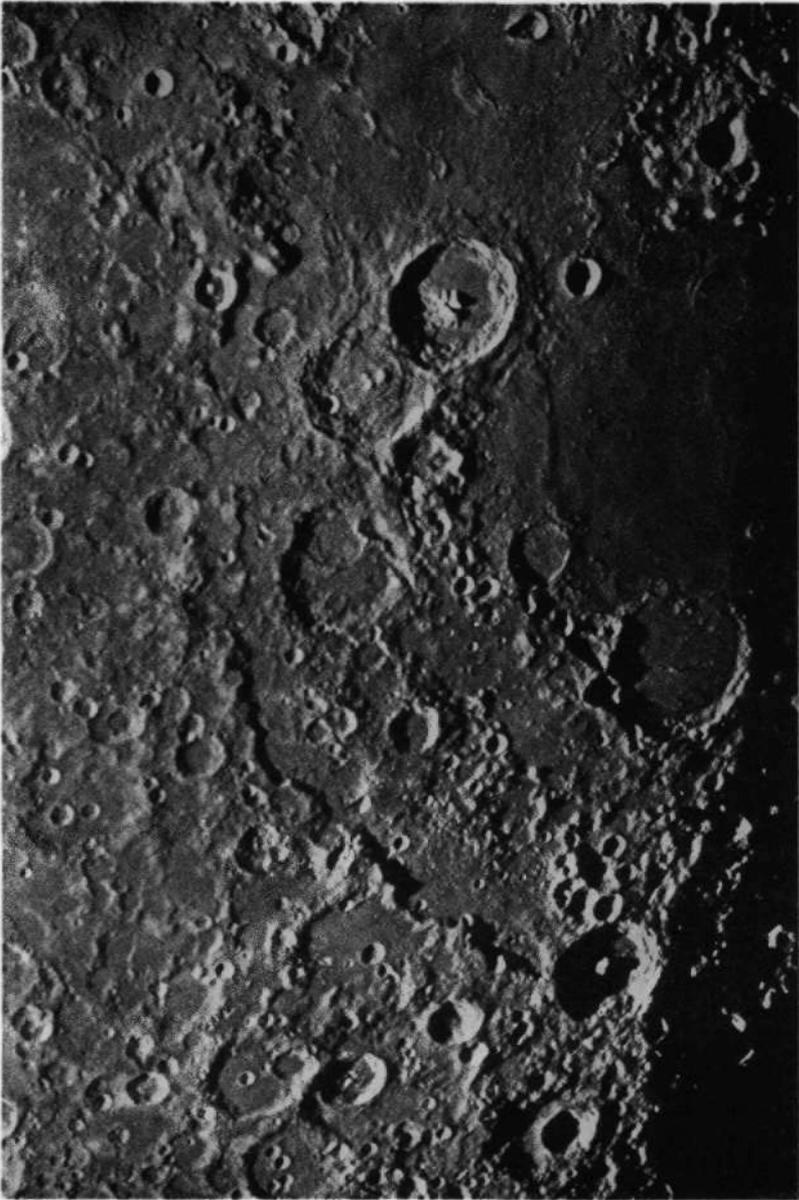
Erklärung zur Tafel V (L).

Ein Stück aus den kraterübersäten Terraeflächen der südlichen Halbkugel.

Durch den oberen Teil des Bildes zieht ausgehend von dem schönen Ringgebirge mit Zentralerhöhung »Piccolomini«; im Bogen zur Mitte rechts der »Altai« genannte Abbruch. Parallele, terrassenartige Abstufungen begleiten ihn und führen hinab zur dunkeln Fläche des Mare Nectaris, welche nahe dem breiten Bildrande sichtbar ist. An ihrem oberen Rande liegt Fracastaro, in dessen Inneres die dunkle Lavafläche des Mare-Grundes eingedrungen ist. Im unteren Teile der Mare-Fläche sind die schattenhaft verschwommenen Umrisse überfluteter Ringberge sichtbar.

Auf den terrassenförmigen Senkungsstufen liegen neben zahlreichen kleineren Kratern, in bogenförmiger Reihe angeordnet, zunächst Polybius von mittlerer Größe, dann breit und flach, mit großen und seichten inneren Nebenkratern Catharina; Cyrillus wird von dem jüngsten Theophilus scharfrandig durchschnitten, der Innenrand dieses 5000 Meter tief eingesenkten Ringgebirges ist treppenförmig abgestuft; die Mitte wird von einem gewaltigen, unregelmäßig gestalteten Zentralgebirge eingenommen.

Nah dem rechten Rande wird die Fläche des »Mare Nectaris« noch von einer sanften, aber deutlichen Faltenflexur durchzogen; sie verläuft annähernd meridional und setzt sich fort in unregelmäßigeren Falten zwischen Theophilus und dem kleineren Mädler.



Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Erklärung zur Tafel VI (II).

Ein Teil der Nordhalbkugel mit großen Mariaflächen und Strahlenkränzen.

Die untere Bildhälfte wird größtenteils vom Mare Imbrium eingenommen. Bogenförmige Einbrüche bilden seine Grenzen gegen West und Nord; am deutlichsten in der schön gerundeten, Sinns Iridium genannten, Bucht zwischen den vorspringenden Caps Laplace und Heraclides am Nordrande (unten). Links davon ist dem Rande die längliche Insel »straight range« vorgelagert. Die zackigen Steilabbrüche der Alpen, des Kaukasus (nur in den leuchtenden Spitzen sichtbar) und des in gestrecktem Bogen gegen Eratosthenes hinziehenden Apennin bilden die Grenzen gegen links. Dem Bruchrande des Apennin sind schmale an Parallelbrüchen abgelöste Leisten vorgelagert. Neben den Alpen, nahe am unteren Rande des Bildes, liegt Plato mit glattem Kraterboden.

Palus Putredinis heißt die unregelmäßig und undeutlich umgrenzte Landsenke, welche zwischen Apennin und Mare Imbrium eingeschaltet ist, auf ihr liegt der etwas eiförmig verzogene einfache Ringwulst des Archimedes und links davon Autolycus und Aristillus. Faltige Einbiegungen ziehen mit unregelmäßigem Verlaufe von hier nordwärts über den Grund des Mare Imbrium.

Kleine Explosionsöffnungen, geplatzten Blasen ähnlich, sind über die Mariaflächen ausgestrent.

Im Bilde links oben liegt am Rande unterhalb des Sinus Medii eine ältere, aufgearbeitete Kratergruppe mit Pallas; klaffende Spalten sind hier sichtbar. Auf der weiten dunkeln Fläche des Oceanus Procellarum sind die weißen, etwas verschwommenen Aschenstreifen und Aschenhöfe, welche die jüngeren Eruptionen begleiten, zart abgezeichnet. Aristarchus, nahe der Mitte rechts, ist als weißer Fleck sichtbar. Darüber etwas links liegt der lichte Stern des Kepler, und links davon, der Mitte des oberen Bildrandes genähert, der prächtige Copernicus. Ein gewaltiger, unversehrt positiver Aufbau. Die inneren Kraterhänge sind unregelmäßig abgestuft; die Rauigkeiten der äußeren Abdachung erinnern an erstarrte Lavaströme. Mit der Lupe wird man auf dem Bilde noch die aus kleinen Lochkratern zusammengesetzte Spalte zwischen Copernicus und Eratosthenes gut wahrnehmen.

