

---

# WILHELM FOERSTER STERNWARTE & MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

---

BERLIN 41 • Munsterdamm 90 • Insulaner • Ruf 7962029

---

Protokoll  
der  
203. Sitzung der  
GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER  
1976 Januar 12

---

Beginn: 20.05 Uhr

Es sind erschienen Frau Hessdörfer sowie die Herren Ahrens, R.S.A., Bartell, Blasemann, Buerke, Bulcynski, Edelmann, Fette, Flötting, Franzke, Freitag, Freiberg, Frenzel, Friedrich, Giebler, Hänig, Hanke, Hartmann, Heilmann, Holtzer, Kinnemann, Klische, Kowalec, Kunert, Kummrow, Maiwald, Möller, Nehls, Paech, Ruska, Schunk, Skarzynski, Stadler, Völker und Wedel.

Herr Kunert eröffnet die Sitzung und begrüßt die Teilnehmer zur ersten Zusammenkunft im neuen Jahr.

Es hat uns betroffen gemacht, teilt Herr Kunert mit, daß vor einigen Tagen einer der Alten aus der Gruppe der Mondfreunde, Herr Dr.von Gordon, im Alter von 82 Jahren für immer von uns gegangen ist. Herr Dr. v. Gordon war ein langjähriges Mitglied des Vereins WFS. Er gehörte zu den begeisterten Sternfreunden, die nach 1948 beim Neubeginn der Wilhelm-Foerster-Sternwarte am Bahnhof Papestraße am Aufbau mithalfen. Durch seine langjährige Tätigkeit im Vorstand des Vereins half er, die Voraussetzungen für die heute vielen selbstverständliche Arbeit der Sternwarte und des Planetariums zu schaffen. Dr. v. Gordon war ein Künstler und kam aus der Filmbranche. Obwohl ihm seine Arbeit Spaß machte, war er nicht frei von Sorgen, die sich privat auch um seine kranke Frau bewegten.

Dr.v.Gordon war ein Mann mit Weitblick, Diplomatie und Menschlichkeit. Er hat unserer Einrichtung sehr viel Anregungen sowohl durch seine sachlichen, wie auch technischen Ratschläge gegeben. Wenn Entscheidungen zu treffen waren, und um die Meinungen manchmal auch hart gestritten wurde, so war Dr.v.Gordon ein Mensch, der es verstand, ausgleichend und verständnisvoll zu wirken. In seinen Vorträgen überraschte er durch eine klare und feine Art der Formulierungen. Er verstand es - auch in Seminaren für junge Leute - schwierige Zusammenhänge verständlich und klar darzustellen.

Vielen jungen Mitgliedern ist Dr.v.Gordon heute kaum bekannt. Wir sollten uns manchmal etwas mehr um diejenigen kümmern, die etwas für uns tun, wie es Dr.v.Gordon getan hat. Er machte im Vorstand seinen Platz einem jüngeren Mitglied - Herrn Zucht - frei.

Die Anwesenden erheben sich zum stillen Gedenken von ihren Plätzen.

Herr Kunert macht dann auf eine streifende Sternbedeckung am 11.2.76, ca. 18.11 Uhr aufmerksam (s. Zeitschrift "Sterne u. Weltraum" Jahrg. 14, Heft 12, S.417). Er teilt mit, daß er Verbindung zu Herrn Bode, Hannover, aufgenommen hat, dem leider zur Zeit die amerikanischen Bänder für die Rechnung fehlen. Sobald diese eingetroffen sind, wird die Wilhelm-Foerster-Sternwarte mit den notwendigen Daten versehen, damit der Bereich der "streifenden Bedeckung" in Meßtischblätter eingetragen werden kann.

Herr K u n e r t begrüßt dann einen Gast aus Südafrika, Herrn J. A h r e n s .  
Herr Ahrens ist Director (Leiter) des German Radio and TV Service in Randburg  
(Specialising in: Television, HI-FI Equipment and Repairs).  
Anschrift: 48 Victoria - Kensington "B" RANDBURG / VIA JOHANNESBURG

Herr A h r e n s ist an Kontakten mit Sternfreunden sehr interessiert, um  
Material und Erfahrung auszutauschen. Auch Sternfreunde außerhalb Berlins sind  
aufgefordert ihn anzuschreiben.

Anschließend verteilt Herr K u n e r t wieder Material zur Besprechung bei der  
nächsten Sitzung. Er macht dann darauf aufmerksam, daß die Zeitschrift "The Moon",  
Vol.14,Nr.2/Okt.75, S.211-236, eine Arbeit von Alfred W e g e n e r in eng-  
lischer Übersetzung bringt. Das Buch ist in der Bibliothek der Sternwarte vor-  
handen. Es scheint sinnvoll, die dort geäußerten Gedanken auch im deutschsprachi-  
gen Raum einer größeren Anzahl von Sternfreunden zur Kenntnis zu bringen. Der  
deutsche Text wird deshalb als Anlage zum Mondprotokoll beigelegt.

Daten zur Person von Wegener:

Alfred W e g e n e r - Geophysiker und Meteorologe, geb. 1.11.1880, gest. in  
Grönland, Ende 1930.

W e g e n e r wurde 1919 Abteilungsleiter der Deutschen Seewarte in Hamburg und  
Professor - 1924 auch in Graz.

Professor Wegener nahm 1906 - 08 und 1912/13 und 1929 als Leiter an Expeditionen  
zum Inlandeis Grönlands teil. Beim Rückmarsch von der Station Eismitte fand er  
den Tod.

Alfred Wegener war ein Vetter des Berliner Schauspielers Paul Wegener (1874-1948).

Nach einer kurzen Besprechung der Gliederung der Wegenerischen Arbeit erhält  
Herr Jochen H a r t m a n n das Wort und berichtet:

"Während der totalen Mondfinsternis am 18/19. November 1975 hielt sich Herr  
H a r t m a n n in Detmold am Teutoburger Wald in Westdeutschland auf. Dort ließ  
das Wetter im Gegensatz zu Berlin eine Beobachtung zu. Nur zeitweise wurde die  
Sicht durch schnell ziehende Wolkenbänke behindert.

Für die Beobachtung stand ihm ein 8"-Newton-Spiegelteleskop mit einer Brennweite  
von 1600 mm zur Verfügung. Die Fotografien des Finsternisverlaufs wurden im Fok  
dieses Instruments auf Ektachrome-High Speed und Ektachrome-Infrared-Film gemacht.  
Die Belichtungszeit versuchte Herr H a r t m a n n näherungsweise nach der For-  
mel  $t = f^2 / S \cdot B$  zu ermitteln, wobei  $t$  die Belichtungszeit in Sekunden,  $f$  das Öff-  
nungsverhältnis,  $S$  die Empfindlichkeit des Films in ASA-Werten und  $B$  ein für die  
verschiedenen Mondphasen unterschiedlicher Faktor ist (z.B. Vollmond  $B=220$ ,  
Halbschatten  $B=20$ , Kernschatten  $B=0,005$ ). Es zeigte sich hinterher, daß der Faktor  
 $B$  für den Kernschatten etwa um den Faktor 3 zu klein gewählt wurde, was daran lag,  
daß der Mond nicht zentral, sondern nur am Rand durch den Kernschatten wanderte  
und so relativ hell blieb. Die optimale Belichtungszeit während des Maximums  
der Totalität lag bei 20 bis 30 Sekunden (im Gegensatz zu berechneten 80 Sekunden).

Der total verfinsterte Mond war sehr gut als orange-leuchtende Scheibe am sonst  
tiefschwarzen Himmel sichtbar, wobei schon mit bloßem Auge, auch bei maximaler  
Verfinsterung, Helligkeitsunterschiede auf der Oberfläche erkennbar waren.

Auf den mit dem Ektachrome-Infrared-Film gemachten Totalitätsaufnahmen war im  
dunklen Teil ein Farbumschlag von Blau in Grün zu beobachten, was aber wohl nicht  
trotz dem (recht irreführenden) Namen Infrarotfilm, mit Temperaturunterschieden  
auf der Mondoberfläche zu tun hat.

Der Film ist nämlich nur zu einem ganz geringen Teil im infraroten Spektralbereich empfindlich, während sein Empfindlichkeitsmaximum im sichtbaren Spektrum liegt. Es ist möglich, daß der Film den Bereich des Lichts als grün darstellt, der an der Erdatmosphäre stärker gebeugt wurde, d.h. näher am Kernschattenzentrum lag. Eine genaue Deutung ist allerdings noch nicht möglich."

Herr K u n e r t dankt für die Informationen.

Ende der Sitzung: 21.40 Uhr.

Gez. Bartel                      gez. Hartmann

gez. K u n e r t

Die nächste Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER findet am

Montag, d. 9. Februar 1976, um 20 Uhr

im Planetarium am Fuße des Insulaners statt.

— 6 —

Anlage!



DIE ENTSTEHUNG DER MONDKRATER

von

Dr. Alfred Wegener

- Braunschweig Druck und Verlag von Friedr. Vieweg u. Sohn -

1 9 2 1

1. Einleitung

Über die Entstehung der Mondkrater herrscht in der Fachliteratur eine auffallende Meinungsverschiedenheit, indem nicht weniger als vier verschiedene Hypothesen - die Blasenhypothese, die Gezeitenhypothese, die Vulkanhypothese und die Aufsturzhypothese, sowie eine Anzahl von Kombinationen namentlich der Vulkanhypothese mit den anderen - seit Jahrzehnten nebeneinander vertreten werden, ohne daß es bisher gelungen wäre, zu einer allgemein anerkannten Entscheidung über sie zu gelangen.

Das Problem kann aber nicht wohl unlösbar sein. Wenn wir die Formenfolge der Mondmeere, Kratermeere, Ringgebirge, Krater mit und ohne Zentralberg, Kraterreihen, Furchen, Täler, Rillen, Strahlensysteme usw. bis zu derjenigen Genauigkeitsgrenze kennen, bei der ihre Gesetzmäßigkeit hinter den zufälligen Unregelmäßigkeiten zurücktritt, so muß es möglich sein, eine objektive Entscheidung wenigstens darüber zu treffen, welcher Hypothese die größte Wahrscheinlichkeit zukommt. Und diese Genauigkeitsgrenze haben wir längst erreicht, dank dem wunderbar klaren Schattenwurf auf dem atmosphärenlosen Monde. Unter günstigen Bedingungen können wir noch Objekte bis zu 50 m Durchmesser herab als feine Punkte erkennen. Durch weitere Steigerung der optischen Leistungen würden wir zwar ein Heer von Kleinformen neu entdecken, aber für die Kenntnis der markanten Großformen, um deren Erklärung es uns zu tun ist, würden wir wenig oder nichts gewinnen, denn es würden dadurch wahrscheinlich nur die zufälligen Unregelmäßigkeiten stärker hervortreten. Wir kennen diese Großformen der uns sichtbaren Mondhälfte, wie die Arbeiten von E b e r t , M a i n k a , F r a n z u.a. zeigen, weit besser als die unserer Erde, und nach L a n d e r e r s Arbeiten über den Polarisationswinkel der Mondgesteine, die durch E b e r t s Demonstrationsversuch mit dem Glasblock anschaulich unterstützt werden, haben wir auch begründete Ansichten über die Natur der Gesteine, welche die Mondrinde zusammensetzen und das Material zu diesen Formen liefern.

Die folgenden Ausführungen bezwecken, eine Prüfung der genannten vier Hypothesen an der Hand neuer, der Geophysik entlehnter Kriterien durchzuführen, wobei die vom Verfasser im Winter 1918/19 ausgeführten systematischen Versuche mit Aufsturzkratern eine entscheidende Rolle spielen werden. Zur Orientierung sei vorausgeschickt, daß die Blasenhypothese und die Gezeitenhypothese sich als naheliegende Trugschlüsse herausstellen werden, und auch die Vulkanhypothese sich als unhaltbar zeigen wird, daß sich dagegen für die Richtigkeit der Aufsturzhypothese ein überwältigendes Beweismaterial beibringen läßt.

2. Kritik der Blasenhypothese

Die Blasenhypothese ist in neuerer Zeit namentlich von F. S a c c o vertreten worden. (F. Sacco: Artikel "Selenologie" im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd.9,S.7. Jena 1913.) Als frühere Anhänger dieser Hypothese führt derselbe S e c c h i , R. H o o k e , J. B e r g e r o n , A. S t. C l a i r e , H u m p h r e y s und P u i s e u x an. Auch Paul L e h m a n n , G. D a h m e r u.a. wären zu nennen. Im einzelnen mögen die Annahmen dieser Autoren auseinandergehen, aber der gemeinsame Grundgedanke ist der, daß die Ringgebirge als Spuren großer, geplatzter Blasen in dem feurigen, zähflüssigen Magma entstanden sind.

R. H o u k e , P o u l e t t S c r o p e , B e r g e r o n , S t e w a r t H a r r i s o n , D e B e a u m o n t , G o r i n i , S t. M e u n i e r , F. S a c c o , G. D a h m e r u. a. haben diese Auffassung durch Versuche erläutert und zu stützen versucht. "Die Genannten haben verschiedene teigartige Substanzen, wie Gips, Kalk, Schwefel, Wachs, Ton erkalten und durch die erstarrende Masse Blasen aufsteigen lassen." Die Blasen wurden bisweilen durch Hineinleiten von Luft, meist aber durch Aufkochen des Breies erzeugt. Bei einer von mir vorgenommenen Nachprüfung dieser Versuche zeigte sich allerdings, was auch die von D a h m e r veröffentlichten Photographien bestätigen, daß die Ähnlichkeit der so erhaltenen kleinen Ringwälle mit denen des Mondes eine ziemlich oberflächliche ist und sich nicht auf die von E b e r t zusammengestellten charakteristischen Zahlenverhältnisse der Kraterprofile erstreckt. (F. D a m e r : Die Gebilde der Mondoberfläche, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont. 1911, I, S. 89-113. Vgl. auch ebenda 1912, II, S. 42-44.)

Es ist leicht zu zeigen, daß die Blasenhypothese auf einem Trugschluß beruht. Wir müssen allerdings dazu etwas weiter ausholen. Bei Übertragung von Versuchen auf kosmische Dimensionen muß man darauf achten, ob man es mit Molekularkräften oder mit Massenkraften zu tun hat. Das Verhältnis zwischen beiden kehrt sich nämlich bei diesem Übergang völlig um. Im Laboratorium arbeiten wir - abgesehen von der meist nur als Störung auftretenden Schwere - ganz vorwiegend mit Molekularkräften. Um die Massenkraft der Gravitation auch nur qualitativ nachzuweisen, müssen wir schon sehr empfindliche Instrumente anwenden. Ganz anders im Kosmos; denn die Molekularkräfte wachsen nicht, wenn der Körper zum Weltkörper anwächst, wohl aber die Massenkraften. In der Astronomie werden daher die Molekularkräfte des Magnetismus, der Elektrizität, der Festigkeit usw. in einem solchen Maße von der Massenkraft der Gravitation überschattet, daß die Physik des Kosmos vor der Einführung der Spektralanalyse im wesentlichen aus dem einen N e w t o n - schen Gravitationsgesetz bestand. Ein Beispiel möge zur Veranschaulichung dienen: Der Quarz kristallisiert bekanntlich in hexagonalen Prismen. Formgebend sind die Molekularkräfte, während die eigene Gravitation des Kristalls seinen Wachstumsprozeß nicht erkennbar stört. Denken wir uns aber einen Quarzkristall von der Größe der Erde im Raume sich selbst überlassen, so würde die eigene Gravitation infolge der großen Abweichung von der Kugelgestalt so starke Druckunterschiede und Spannungen in den verschiedenen Teilen des Kristalls erzeugen, daß seine Durchfestigkeit überschritten wird; er würde bersten, die hervorstehenden Teile würden auf schrägen Rutschflächen zu Orten hingleiten, die dem Mittelpunkt näher liegen, oder sie würden sich sonst durch ein kontinuierliches Fließen der Teilchen einebnen, und das Ganze würde sich selbsttätig zur Kugel umformen. Die Kugelform der Himmelskörper bedeutet eben den Sieg der Massenkraften über die Molekularkräfte. Meteoriten, ja noch die kleinsten Planetenmonde und die Asteroiden, sind noch klein genug, um dieser nivellierenden Gravitation zu widerstehen. Mond und Erde sind ihr unterlegen, und nur die Gebirge zeigen noch, bis zu welchem Maße sich die Molekularkräfte hier behaupten können. Daß die Mondberge schroffer und höher sind als die irdischen, (unter 1095 Höhenmessungen fand M ä d l e r 6 Gipfel von 6000 bis 7000 m, 21 von 5000 bis 6000, 82 von 4000 bis 5000 m über der Umgebung) liegt wohl nicht nur an der fehlenden Erosion, sondern vor allem daran, daß die Mondschwere nur ein Sechstel der irdischen beträgt. (Es ist nicht ohne Interesse, daß G r u i t h u i s e n zwischen manchen Ungereimtheiten doch auch den vorstehenden Gedanken sehr klar in seinen Analekten für Erd- und Himmelskunde (Bd. 2, S. 48, München 1828) ausgesprochen hat: "Wir haben es hier mit völlig festen Massen zu tun; allein die Wirkung der Schwere überwindet ihre Starrheit um so eher, als größer die Masse ist, die sich in den Mondkörper versenken will, so, daß die Totalcohärenz in ihrer Stärke sich umgekehrt wie die Masse des fremden Weltkörpers verhält; figürlich zu reden, verhalten sich die Massen der fremden Weltkörper um so eher wie Teig oder wie weicher Lehm, je größer diese sind, wobei selbst für den Fall, daß der Mond von jeher so kohärent wie jetzt gewesen wäre, seine fast vollkommene Kugelgestalt dennoch hätte entstehen können".)



Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß wir nur solche Laboratoriumsversuche auf kosmische Dimensionen übertragen dürfen, welche auf Massenkräften, nicht auf Molekularkräften beruhen. Blasenbildung beruht nun aber lediglich auf der Molekularkraft der Oberflächenspannung. Je nach dem Betrage der letzteren gelingt es, Blasen von verschiedener Größe herzustellen, aber sie halten sich doch alle innerhalb gewisser Grenzen. Auch auf dem Monde kann es keine größeren Blasen geben oder gegeben haben. Es genügt wohl, diesen Gedanken einmal ausgesprochen zu haben, um damit der Blasenhypothese der Mondkrater ein für allemal den Boden zu entziehen. Wer die riesigen Mondgebilde von mehreren hundert Kilometern Durchmesser für geplatzte Blasen erklärt, begeht einen ebenso ungeheuerlichen Fehlschluß wie derjenige, der das Schwimmen der Ozeandampfer auf die Oberflächenspannung des Wassers - analog dem Schwimmen der kleinen Wasserwanzen und Wasserläufer oder auch dem Schwimmen einer Nadel - zurückführen wollte.

### 3. Kritik der Gezeitenhypothese

Die Gezeitenhypothese wurde u.a. von F a y e , H. E b e r t , H a n n a y vertreten und auch von S c h e i n e r in seiner Populären Astrophysik (S. 493, Leipzig und Berlin 1908) als die wahrscheinlichste bezeichnet. E b e r t formuliert sie folgendermaßen (H. Ebert: Ein Vorlesungsversuch aus dem Gebiet der physikalischen Geographie - Bildung der Schlammvulkane und der Mondringgebirge - Ann. d. Phys. u. Chem. N.F. 41 (277), 351-363 -1890-):

"Denken wir uns einen glühendflüssigen Weltkörper der Abkühlung durch allseitige Strahlung unterworfen, so werden sich allmählich auf seiner Oberfläche feste Erstarrungsschollen bilden, die in dem noch flüssigen Magma schwimmen. Beim Monde trat nun hierzu die Anziehung der Erde, welche eine große Flutwelle der flüssigen Bestandteile erzeugte; rotierte der Mond unter dieser Flutwelle hinweg, so wurde in jedem Teile seiner Oberfläche das flüssige Magma abwechselnd emporgehoben und gesenkt; es quoll bei jeder Flut über die festen Schollen empor, überflutete diese, zog sich dann bei eintretender Ebbe zurück, und wiederholte das Spiel bei der nächsten Flut."

E b e r t hat durch einen interessanten Vorlesungsversuch, der zugleich der Entstehung der Schlammvulkane galt, gezeigt, daß bei solchem periodischen Anschwellen der Schmelze in Löchern der oberflächlichen Kruste tatsächlich runde Kraterformen entstehen, die einen ähnlichen Anblick zeigen wie die Mondkrater. Er benutzte W o o d s che Metallegierung (Schmelzpunkt  $68^{\circ}$ ), die von unten her mittels Umspülung mit heißem Wasserdampf flüssig gehalten wurde, in einer offenen Schale aber oberflächlich erstarrte. Der Stand der Flüssigkeit konnte durch die Kolbenzüge einer Pumpe periodisch verändert werden. Der Boden der erhaltenen Krater lag im allgemeinen tiefer als das Niveau der Umgebung, in einigen Fällen, die dem gefüllten Mondkrater Wargentins entsprechen, trat die Erstarrung gerade bei derjenigen Phase ein, bei welcher der höchste Stand der Schmelze erreicht war. Der Ringwall hatte im Mittel einen inneren Böschungswinkel von  $34^{\circ}$  und einen äußeren von  $5^{\circ}$ . Über die gelegentliche Entstehung eines Zentralberges, der allerdings nur als eine unter mehreren verschiedenartigen Deformationen des Kraterbodens auftritt, sagt E b e r t : "Ist der ganze Boden der Einsenkung erstarrt und nur in der Mitte ein Kanal noch frei passierbar, so quillt das Magma zu einem kleinen zentralen Kegel empor, der bald steiler, bald flacher, doch nie bis zur Höhe der Umrandung emporragt". Jedenfalls zeigen die Versuche, daß durch periodisches Aufsteigen und Zurücksinken des Magmas in Löchern, die anfangs nicht einmal rund gewesen zu sein brauchen, Gebilde erhalten werden, die mit den Mondkratern bereits eine große Zahl von Eigentümlichkeiten teilen.

Indessen läßt sich die Vorstellung von Gezeiten des flüssigen Magmas, die sich durch periodisch veränderlichen Stand desselben in den Löchern der äußersten, erstarrten Gesteinsrinde zu erkennen geben, nicht aufrecht erhalten. Denn sie würde eine völlig starre Kruste voraussetzen, die ihre Form trotz der Gezeitenwelle ihrer Unterlage beibehält. Und das ist unmöglich.

Auf der Erde ist das Schwimmen oder die Isostasie der festen Rinde längst bekannt. Wird diese z.B. durch Inlandeis belastet, so senkt sie sich, wenn auch mit Verzögerung, um so viel, daß das Druckgleichgewicht, die Isostasie, wiederhergestellt wird, ebenso wie die Eisdecke auf dem Wasser sich senkt, wenn sie belastet wird. Nach dem Abschmelzen des Inlandeises werden die während der Depression gebildeten Strandterrassen wieder emporgehoben und zeigen z.B. jetzt in Kanada und Skandinavien, daß diese Gebiete früher um 500 bzw. 200 m herabgedrückt waren. Auch beim Monde werden wir annehmen müssen, daß die Rinde auf ihrer Unterlage schwimmt, oder jedenfalls zu einer Zeit, wo diese noch flüssig war, geschwommen hat. Der E b e r t sche Versuch geht nur bei Gefäßen, an deren Wand die oberflächliche Kruste anhaftet, würde aber schon bei einem See von 500 m Durchmesser versagen. Demnach muß die Mondrinde selbstverständlich auch die Gezeitenschwankungen des glutflüssigen Untergrundes in vollem Ausmaße mitgemacht haben. Die oben wiedergegebene Annahme von E b e r t ist ebenso unmöglich, wie diejenige, daß man im nördlichen Eismeer die Gezeiten vom schwimmenden Eise aus messen könne.

Verschiedentlich ist der Versuch gemacht worden, trotzdem den E b e r t schen Versuch für die Erklärung der Mondkrater zu verwerten, indem man annahm, daß das Aufsteigen und Niedersinken des Magmas in den Löchern durch andere Ursachen bedingt sei, wie z.B. durch wiederholte Gasausbrüche oder andere vulkanische Erscheinungen. Damit würde die Erklärung zu einer rein vulkanischen; wir werden im nächsten Abschnitt darauf zurückkommen.

#### 4. Kritik der Vulkanhypothese

Einer etwas eingehenderen Kritik als die beiden vorangegangenen bedarf die Vulkanhypothese, die von zahlreichen Geologen, wie Alexander v. Humboldt, Leopold v. Buch, Dana, Édouard Suess, Branca, G. Tschermak, S. Günther, Stübel, v. Wolff, und andererseits auch von zahlreichen Astronomen, wie Mädler, Schröter, Nasmyth und Carpenter, Pickering u.a. vertreten wird. Hiernach wären die Mondkrater Vulkane; solche mit Zentralberg entsprächen der Form des Vesuv, dessen jüngerer Zentralkegel von dem älteren Monte Somma umgeben ist. Die flachen Ringebenen werden meist mit den Lavaseen, z.B. des Kilauea in Parallele gesetzt, oder mit den Kraterseen Italiens oder den Maaren der Eifel. Die Mondmeere vergleicht z.B. v. Wolff mit irdischen Areal- oder Spalteneruptionen wie auf Island: "Der Boden der Mondmeere ist demnach das Ergebnis von Areal- oder Lineareruptionen, die ein vorhandenes Relief mit Lavafluten übergraben und zugedeckt haben, (v. Wolff: Der Vulkanismus, I. Stuttgart 1914) wobei freilich die großen Gebirgskränze, welche die Meere teilweise umschließen, unerklärt bleiben. E. Suess geht bei seiner Deutung der Mondoberfläche aus x) und kommt auf diese Weise auch bei den eigentlichen Mondkratern zu einer von den irdischen Vulkanen sehr abweichenden Deutung. Er schildert die Entwicklung der Mondoberfläche mit folgenden Worten (E. Suess, Einige Bemerkungen über den Mond. Sitzungsber. d.k. Akad.d.Wissensch. zu Wien (1) 104, 21-54 (1895). Vgl. auch ebenda (1) 116, 1355-1361 (1907) sowie Antlitz der Erde III (2), S.627.) :

..."Die Temperatur der großen Masse ist aber keineswegs eine völlig gleichförmige. An irgend einer Stelle steigert sie sich, zehrt neuerdings die schlackige Hülle auf, und von dieser Stelle aus schreitet nach allen Richtungen die neuerliche Umschmelzung gleichförmig fort, über Hunderte von Kilometern. Die Gestalt des Schmelzherdes ist die eines Kugelabschnittes; sein Umriß ist ein Kreis. Endlich nähert der Vorgang sich seinem Ende; die Temperatur der Oberfläche ist an den Rändern des Herdes geringer; die Schlacken werden nicht mehr ganz aufgezehrt, sondern wie eine Moräne nach außen geschoben. Nun stockt das Ganze. Was zurückbleibt, ist eine weite, ebene Fläche, kreisförmig umgeben von einem Gebilde, welches die wildesten Umrisse zeigt, einem Schlackenwall, welcher gegen innen, gegen die nun neu erstarrende Fläche, einen Abfall von vielen

x) vulkanischen Vorgängen umgekehrt v. l. Meeren aus ...



Tausenden von Füßen aufweisen mag. Solche sind z.B. die gewaltigen Schlackenwälle, welche unter den Namen des Apennin, der Alpen usw. das Mare Imbrium umgeben." S u e s s will, wie erwähnt, auch die Kratermeere und größeren Ringebenen auf diese Weise erklären, gerät aber dadurch in die Verlegenheit, bei den noch kleineren Formen diese Erklärung doch wieder aufgeben und zu der gewöhnlichen Vulkanhypothese greifen zu müssen. Gegen seine Erklärung der Mondmeere kann man, so anschaulich die Schilderung ist, einwenden, daß die großen Basaltüberflutungen auf der Erde niemals derartige Schlackenwälle vor sich hergeschoben und am Rande abgesetzt haben, und daß ein solcher Vorgang auch schwer verständlich wäre, da der für die Moränenablagerung notwendige Faktor der Abschmelzung hier völlig fehlt.

Es sei gleich hier erwähnt, daß gerade die Vulkanhypothese zahlreicher Modifikationen fähig ist und auch solche erfahren hat. Auch die früher erwähnten E b e r t schen Versuche gaben ja Anlaß zu einer solchen Modifikation. Aber sobald wir uns von dem Vergleich mit den typischen irdischen Vulkanformen entfernen, betreten wir das uferlose Gebiet reiner Spekulation, die sich weder beweisen noch widerlegen läßt, da Erfahrungen über die angenommenen Vorgänge nicht vorliegen. Von solchen Erklärungsversuchen glauben wir in der vorliegenden Studie absehen zu dürfen, da, wie gezeigt werden wird, in der Aufsturzhypothese eine völlig befriedigende Erklärung zur Verfügung steht, deren Gedankengänge sich durch die Erfahrung kontrollieren lassen. Wir wollen uns deshalb hier auf den Vergleich der Mondkrater mit den typischen irdischen Vulkanen beschränken.

Schon ein näherer Vergleich der Formen führt zu den schwersten Bedenken gegen die Vulkanhypothese. Die Formenähnlichkeit ist eine durchaus oberflächliche. Der Normaltypus eines irdischen Vulkans - und auf diesen, nicht auf seltene Abweichungen kommt es an - ist ein steiler Kegelberg mit einer kleinen Krateröffnung an der Spitze; der Kraterboden liegt stets in großer Höhe über dem Niveau der Umgebung. Man lese z.B. die lehrreiche Zusammenstellung bei J. S c h m i d t (Der Mond, S.103, Leipzig 1856) oder bei v. W o l f f (Der Vulkanismus I, S.450, Stuttgart 1914). Z.B. hat der Ätna nach S c h m i d t eine Seehöhe von 105 m. Dies ist die weitaus überwiegende Form. Daneben kommen allerdings noch zahlreiche andere Formen vor, die man als Schildvulkane, Einbruchskalderen, Wallberge, Dome usw. bezeichnet hat und welche zum Teil Formen liefern, die besser mit den Mondkratern vergleichbar sind. Gerade die am besten vergleichbaren flachen Formen, wie die Maare der Eifel oder die Kraterseen Italiens, sind allerdings Produkte einer langdauernden Verwitterung und Erosion, wie wir sie auf dem Monde nicht voraussetzen dürfen. Auf dem Monde ist der Normaltypus der Kratergebilde, insbesondere auch der frischen, ein flacher Teller, dessen Boden kilometertief unter das Niveau der Umgebung hinab versenkt ist. Als Ganzes stellt ein Mondkrater überhaupt gar keinen Berg dar, denn, wie S c h - ö t e r zuerst zeigte und H. E b e r t im wesentlichen bestätigte, reicht der aufgeworfene Wall nur gerade hin, um die Versenkung des Kraterbodens zu kompensieren: wenn man ihn hineinschüttet, so füllt er das Loch gerade aus. Diese Unterschiede sind nicht nur an sich sehr auffällig, sondern scheinen sich auch mit unseren Vorstellungen von der Natur und Tätigkeit der Vulkane durchaus nicht zu vertragen. Denn die Ausbruchsstellen irdischer Magmaherde müssen naturgemäß Berge sein, da ja neues Material aus der Tiefe hinzukommt und sich ablagert, sei es in Form ausfließender Lava oder schaumigen Bimssteins oder zerstäubter Vulkanasche. Nur in vereinzelten Fällen wird eine besonders kräftige Explosion imstande sein können, die früheren Ablagerungen in solchem Umfange fortzublasen und auf die weitere Umgegend zu zerstreuen, daß der Vulkan selbst bis zum Wiedereintritt einer normalen Tätigkeit ein Loch darstellt. Die typische Erscheinungsform der Mondkrater würde uns so gleich zu der Zusatzhypothese zwingen, daß die normale Vulkantätigkeit auf dem Monde anderer Art gewesen sei als auf der Erde. Damit verlieren wir aber den sicheren Erfahrungsboden unter den Füßen.



Die Schwierigkeiten häufen sich, wenn wir den Zentralberg berücksichtigen. Auch unter den irdischen Vulkanen haben einige, wie der Vesuv, einen Zentralberg. Er bekundet das Wiedererwachen der Tätigkeit und den Weiterbau des Vulkanberges, nachdem lange Zeiten der Ruhe den früheren Krater stark erodiert und erweitert haben. Daher bildet der Zentralberg den höchsten Punkt des ganzen Vulkans; am Gipfel trägt er den tätigen Krater, von gleicher Größe und Form wie die gewöhnlichen Krater normaler Vulkane. Auf dem Monde stehen die verhältnismäßig viel häufigeren Zentralberge auf der oft Hunderte von Kilometern Durchmesser haltenden ebenen Fläche des versenkten Kraterbodens und erreichen niemals die Höhe dem umgebenden, angeblich älteren Ringwalles, ja im Mittel nicht einmal das Niveau der äußeren Umgebung! Niemals ist auf dem Gipfel eines solchen Zentralberges die dort angenommene Krateröffnung gesehen worden. Soll sie unterhalb der Sichtbarkeitsgrenze liegen, so dürfte ihr Durchmesser kaum mehr als 50 m betragen. Also während wir soeben die bedenkliche Zusatzhypothese machen mußten, daß die vulkanischen Kräfte auf dem Monde keine Berge, sondern flache, tellerförmige Vertiefungen von ungeheurem Durchmesser erzeugten, müßten wir jetzt die weitere Zusatzhypothese machen, daß bei den Zentralbergen umgekehrt nur Krater erzeugt wurden, die kleiner sind als die irdischen. Wir werden also auch hier wieder vom Vergleich mit den irdischen Vulkanen abgedrängt zu Vorstellungen über Vorgänge, über die wir keine Erfahrungen haben. Das bedeutet aber, daß wir die Vulkanhypothese nicht aufrecht halten können.

Noch deutlicher wird dies, wenn wir auch die Größen vergleichen. Wenn wir uns klar machen, daß es sich ja hier nicht wie bei den früheren Hypothesen um die Übertragung eines Laboratoriumsversuches auf andere Dimensionen, sondern um den Vergleich genau identischer Erscheinungen auf zwei Weltkörpern handelt, von denen der Mond sogar der kleinere ist, so leuchtet ein, daß hier nicht nur eine besonders weitgehende Übereinstimmung der Formen, sondern auch der Größen zu fordern wäre, und wenn wir schon einen systematischen Unterschied der Größen zulassen wollten, so müßte es der sein, daß die Vulkane auf dem Monde etwas kleiner sein dürften als auf der Erde.

Die Dimensionen der Erdvulkane sind nicht unbeträchtlich, soweit man ihre Bergform in Betracht zieht. Aber gerade diese fehlt auf dem Monde. Die irdischen Vulkan **k r a t e r** dagegen haben selten mehr als einen oder einige Kilometer Durchmesser. Ganz vereinzelt, wie bei der Askja auf Island, kommen Durchmesser von 10 km oder mehr vor. (In seiner später zitierten Schrift gibt **G i l b e r t** als mittleren Durchmesser der zehn größten irdischen Vulkankrater 18 km (Maximum 24 km) an, doch sind dies meist durch Erosion erweiterte Formen.)

Vergleichen wir damit die Größe der Mondkrater, so kommen wir auf Absurditäten. Denn hier sehen wir eine ununterbrochene Formenfolge von der Grenze der Sichtbarkeit bis zur Größe von mehreren hundert Kilometern. Die typischsten und auffälligsten Gebilde haben 50 bis 200 km Durchmesser. Wir geben das Ende dieser langen Reihe nach **F r a n z** (J. Franz: Der Mond. -Aus Natur und Geisteswelt, 90-2. Aufl., S.75. Leipzig 1912) :

	$\lambda$	$\beta$	Durchmesser (km)
Funerius	+60°	-36°	124
Phocylides	-54	-52	124
Maurolycus	+14	-42	124
Posidonius	+29	+32	124
Pythagoras	-63	-63	140
Alphonsus	- 3	-13	143
Endymion	+53	+54	146
Vendelinus	+61	-16	149
Cleomedes	+57	+17	149
Boussingnault	+69	-50	155

	$\lambda$	$\beta$	Durchmesser (km)
Stöffler	+ 7°	-42°	158
Maginus	- 6	-50	158
Langrenus	+61	- 8	158
Ptolemäus	- 2	- 9	161
Petavius	+59	-25	174
Gauß	+79	+36	183
W. Humboldt	+81	-27	189
Schiller	-38	-52	192
Riccioli	-76	- 3	192
Schickard	-54	-44	223
Clavius	-15	-58	248
Grimaldi	-67	- 6	254

Ohne Zwang lassen sich aber hiervon auch die folgenden Objekte nicht trennen:

	$\lambda$	$\beta$	Durchmesser (km)
Mare Humboldtianum	+80°	+60°	300
Otto Struve	-75	+23	310
Bailly	-70	-68	310

Damit sind wir aber bereits bei den Dimensionen des Mare Crisium mit 450 bis 550 km Durchmesser angelangt, welches mit seinem nahezu kreisförmigen Randgebirge mit steilem Innenabhang und sanfter Außenböschung sich unmöglich grundsätzlich von den vorangehenden Kratermeeren und Ringgebirgen trennen läßt. Und damit sind wir bei der größten, offenbar unüberwindlichen Schwierigkeit der Vulkanhypothese angelangt: Auch diejenigen Meere, welche von nahezu kreisförmigen Randgebirgen umkränzt sind, wie außer dem Mare Crisium noch das 700 km Durchmesser haltende Mare Serenitatis und das etwas über 1000 km Durchmesser haltende Mare Imbrium, lassen sich aus dieser kontinuierlichen Formenfolge nicht ausschließen. Auch sie sind Mondkrater im weiteren Sinne, und müssen auf grundsätzlich gleiche Weise entstanden sein wie die anderen. Die Anhänger der Vulkanhypothese sträuben sich naturgemäß gegen diesen Schluß, allein ihre Argumente sind nicht überzeugend. Das Fehlen eines Zentralberges bei den Meeren, welches v. W o l f f hervorhebt, kann diese nicht in Gegensatz zu den eigentlichen Mondkratern stellen, da ja auch eine große Zahl der letzteren keinen Zentralberg besitzt. Und ebenso wenig stichhaltig ist der von F r a n z gemachte Einwand, daß die Ringgebirge des Mare Imbrium und des Mare Serenitatis nicht vollständig seien, denn es gibt auch unter den kleineren Mondkratern birnenförmige Objekte, bei denen hauptsächlich nur die eine Seite des Ringwalles entwickelt ist (in der Aufsturzhypothese durch sehr schrägen Aufsturz erklärt), und andererseits ist auch bei dem kleineren Sinus Iridum nur derjenige Teil des Ringwalles vorhanden, der auf die feste Kruste entfiel, während der Rest, im damals flüssigen Magma des Mare Imbrium entstanden, nicht zur Ausbildung kam oder nachträglich wieder eingeschmolzen wurde. Um den allmählichen Größenübergang zu zeigen, ist in Fig. 2 die ganze oben angeführte Reihe von Mondkratern übereinander gesetzt. Es heißt mit den Tatsachen Versteck spielen, wenn man die untersten Stufen dieser Treppe abspalten und ihre Entstehung grundsätzlich anders erklären will als die der oberen. Wie oben erwähnt, hat auch E. S u e s s, obwohl Vulkanist, dies nicht zu tun gewagt, hat aber übersehen, daß er dadurch gezwungen wird, den trennenden Schnitt nur in eine höhere Partie der nach oben zu verlängernden Säule zu verlegen, wo er natürlich erst recht unmotiviert ist.



Meines Erachtens ist der vorgetragene Gedankengang ein durchaus zwingender. Für die Vulkanhypothese gibt es keine Möglichkeit, diesen Tatsachen gerecht zu werden, sofern sie nicht die schon wiederholt abgelehnte Annahme macht, daß sich die vulkanischen Kräfte auf dem Monde in ganz anderer Weise betätigt haben als auf der Erde.

Wir wären wohl berechtigt, die Prüfung der Vulkanhypothese hier abzubrechen, da das Gesagte wohl mehr als hinreicht, um sie zu widerlegen. Der Vollständigkeit halber wollen wir aber auch noch einen kurzen Blick auf die Verteilung und die Häufigkeit der Mondkrater und der irdischen Vulkane werfen.

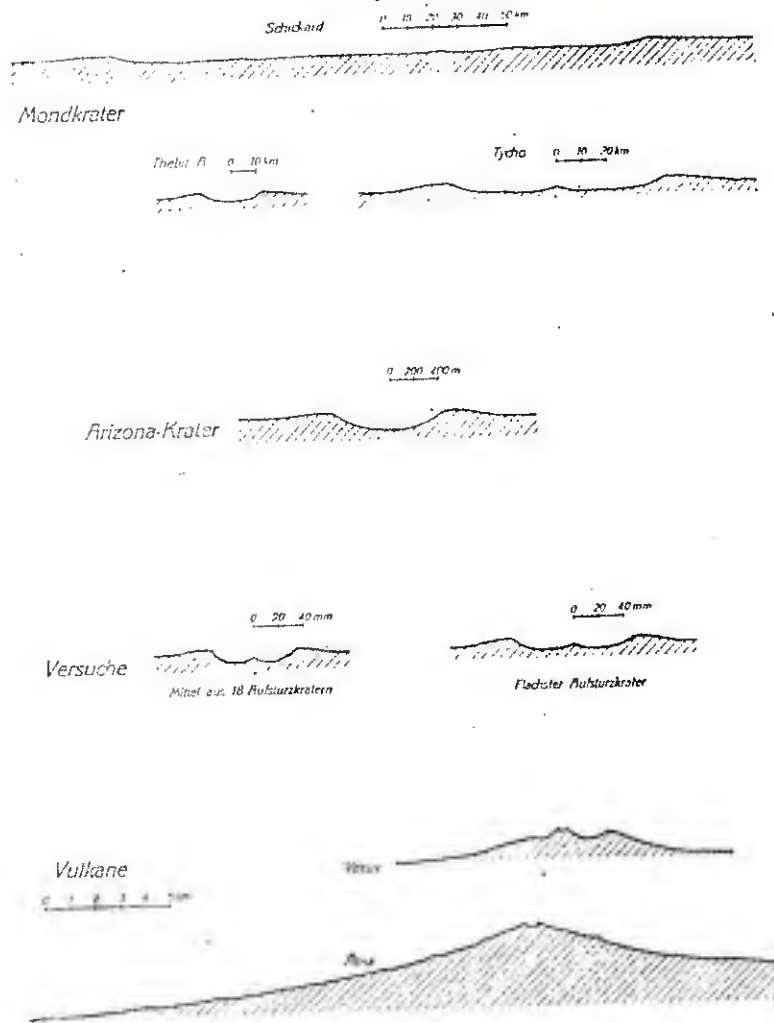
Auf dem Monde ist ein großzügiges System in der Anordnung der Krater erkennbar. Wie F r a n z zuerst bemerkt hat, sind die großen Meere, insbesondere das Mare Foecunditatis, Tranquillitatis, Serenitatis, Imbrium, Oceanus Procellarum, Grimaldi, Mare Crisium, in einem Gürtel angeordnet, der gegen den jetzigen Mondäquator um etwa  $21^\circ$  geneigt ist und vielleicht als frühere Äquatorialzone anzusprechen ist. An den Polarkappen dieser Äquatorialzone haben wir dagegen ein Gewimmel kleinerer Krater, und die hohe Albedo dieser Gegenden sowie ihr ganzes Aussehen bezeugt, daß hier die in der Zone der Meere so umfangreichen Schmelzvorgänge fehlen. Bei der Anordnung der Einzelkrater dagegen waltet die schon von vielen Autoren betonte Regellosigkeit, indem die jüngeren Krater ganz zufällig über die älteren verstreut erscheinen, ohne daß deren Vorexistenz ihren Bildungs-ort irgendwie erkennbar zu beeinflussen scheint.

Auf der Erde gibt es keine bekannte Abhängigkeit der Vulkanformen von der geographischen Breite. Die Vulkane Alaskas ( $60^\circ$ ) und der Antarktis ( $77^\circ$ ) sind ebenso gebaut wie die tropischen Vulkane Hinterindiens, Südamerikas und Afrikas. Auch die großen Lavadecken Islands zeigen keinen Unterschied von denen östlich von Abessinien unter  $10^\circ$  Breite. Dagegen zeigt die Lage der irdischen Vulkane im einzelnen durchaus nicht das Bild einer zufälligen Verteilung. Ein sich neu bildender Vulkan wird hier natürlich durch schon vorhandene ältere Gebilde in weitgehender Weise beeinflusst, so daß ein solches Übereinander von Kratern, wie auf dem Monde, nicht vorkommt. Vor allem aber sind die irdischen Vulkane an die Zonen tektonischer Bewegungen gebunden, und zwar aus leicht einzusehendem Grunde, weil nämlich nur hier die Druckkräfte auftreten, welche die Magmaeinschlüsse der Lithosphäre herauszupressen vermögen. So begleiten die Vulkane einerseits die Zonen der jungen Faltengebirge des Kordillerensystems und des Alpen-Himalajasystems, und andererseits die Bruchzone der Mittelmeere von Westindien bis Hinterindien und die des ostasiatischen Kontinentalrandes. Über das System dieser tektonischen Bewegungen der Erdrinde sind gegenwärtig neue Anschauungen im Werden begriffen durch die geologischen Erfahrungen über die riesenhaften Zusammenschübe der Gebirge in schuppenartigen Deckfalten und durch die neuen geophysikalischen Untersuchungen über horizontale Verschiebungen der Kontinentaltafeln. (A. W e g e n e r, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 2. Aufl., Die Wissenschaft 66. Braunschweig 1920.) Nach diesen Anschauungen bilden die Kontinentaltafeln die zusammengeschobenen Reste einer einst die ganze Erde umspannenden Lithosphäre, während die Tiefseeböden bereits die Sima-Sphäre zeigen, in welcher die Kontinentalschollen, bis zu 95 Proz. eingetaucht, schwimmen. Bei diesem langen Prozeß eines immer weiter fortschreitenden Zusammenschubes der Lithosphärenreste bildet die Herauspressung barysphärischer Einschlüsse in Gestalt von Vulkanausbrüchen eine ständige Begleiterscheinung.

- Bei der viel geringeren Größe des Mondes muß nun von vornherein bezweifelt werden, daß auch die Mondrinde solche Prozesse in ähnlichem Umfange durchgemacht hat oder gar noch heute durchmacht. Und in der Tat kennen wir beim Monde nichts, was wir den irdischen Kontinentalschollen und den Faltengebirgen völlig an die Seite stellen könnten. Zwar haben die Mondmeere eine gewisse Ähnlichkeit mit irdischen Tiefseebecken, und bei der nordwestlichen Randscholle des Mare Imbrium können wir auch eine geringe "Kontinentalverschiebung" nach dem Innern des Meeres erkennen, allein diese Vorgänge spielen auf dem Monde nur eine ganz untergeordnete Rolle. Es muß daher nach allem, was wir heute über die Natur der Vulkane wissen, mindestens zweifelhaft erscheinen, ob solche überhaupt auf dem Monde zu erwarten sind. (Fortsetzung als Anlage mit dem nächsten Protok. Nr. 204)

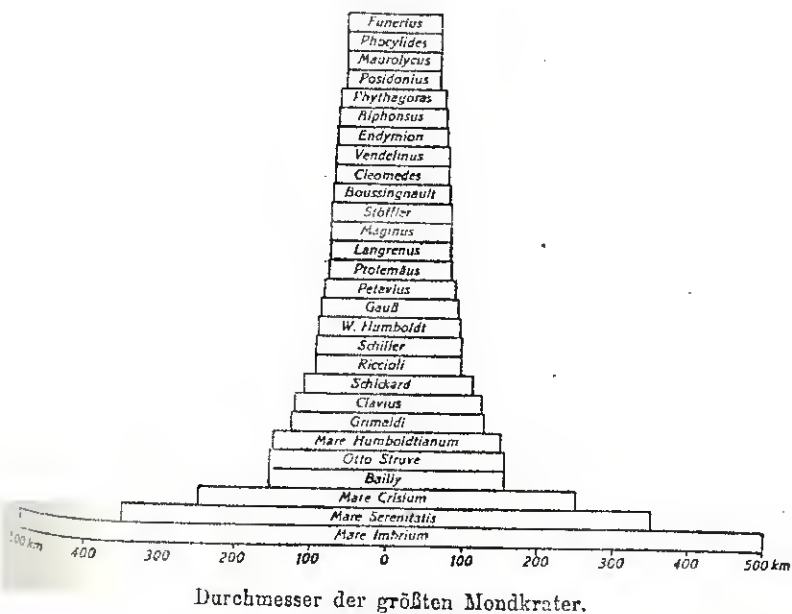


Fig. 1.



Profile verschiedener Krater (in getreuen Maßstabverhältnissen).

Fig. 2.



Durchmesser der größten Mondkrater.

Fig. 3



Schema der bipolaren Struktur eines Aufsturzkraters bei Bildung einer Zentralkette