

Prof. Dr. R. v. Klebelsberg  
 Geolog. Institut der Universität  
 Innsbruck  
 Universitätsstraße 4/II.

## Die hellen Strahlensysteme des Mondes, geologisch gedeutet

Von R. SCHWINNER, Graz

Eingegangen 1943 Juni 12

Es wird versucht, die hellen Strahlensysteme des Mondes — im Einklang mit geologischen Erfahrungen auf der Erdoberfläche — als Pegmatitgänge in tektonischen Spalten zu erklären.

Um die Oberflächenformen des Mondes zu deuten, ist das naheliegendste Hilfsmittel der Vergleich mit denen der Erde, wobei allerdings die große Verschiedenheit der physikalischen Bedingungen und geochemischen Grundlagen entsprechend in Rechnung zu stellen ist. Das mag rechtfertigen, wenn wir uns hier — wie übrigens schon andere Geologen früher getan haben — mit einer der auffälligsten Erscheinungen der Mondoberfläche beschäftigen wollen, nämlich mit den sogenannten »Hellen Strahlen-Systemen«, und die Annahme der Erwägung und Nachprüfung anempfehlen: die hellen Strahlensysteme des Mondes entsprechen dem Ausgehenden von Pegmatit-Gängen.

Pegmatite sind Ganggesteine aus dem Granitfolge, die hauptsächlich aus großen Kristallen von Quarz und Feldspat bestehen, daneben enthalten sie meistens große Tafeln von Glimmer (aller Nutzglimmer wird aus solchen Gesteinen gewonnen), und zwar überwiegt da das Vorkommen von weißem Kaliglimmer (Muskovit). Unter Gang versteht man die Füllung einer im Felsgerüst der Erdkruste aufgerissenen Spalte. Ist diese Spalte ebenflächig und lotrecht (was auf Erden das häufigste ist), so erscheint ihr Ausbiß auf der Kugel als größter Kreis, ferner ist an der Linie eines solchen lotrechten Schnittes Berg und Tal nicht als Ablenkung zu spüren — was beides für die hellen Strahlen auch meist zutrifft. Abweichungen von dieser Normallage — nicht ganz steiles Einfallen, Krümmung oder Knickung der Scherfläche — sind aber auf Erden nicht selten, und können daher am Monde auch nicht verwundern.

Das Harte Gestein einer solchen Ganzfüllung mag an der Mondoberfläche ursprünglich wie eine Mauer aufgeragt haben (wie unsere vielen »Teufelsmauern« usw.), ist aber mit der Zeit zerstört worden. Die allmonatliche Temperaturschwankung von 200° bis 300° an der Mondoberfläche kann ein gemengtes Gestein nicht aushalten, die verschiedene Ausdehnung reißt die Körner auseinander, aus ihrem Zusammenhang<sup>1)</sup> und läßt das Gestein zerbröckeln. Schon in irdischen Wüsten wird beobachtet, daß die Erhitzung — die dort doch viel geringer ist als am Mond — Steine zersprengt. Die abgesprengten Kristallstücke wandern abwärts und von der Mauer weg, solange das Gefälle es ermöglicht. Derart legt sich an die Mauer auf beiden Seiten eine stets wachsende Schutthalde, bis sie die Mauerkrone erreicht: dann bleiben die weiter locker werdenden Körner oben liegen und schützen den tieferen Fels vor weiterer Zerstörung: die Felsmauer ist in einen Schutt- und Sandrücken umgewandelt, dessen Böschung — wenn man die Jahrmilliarden bedenkt, in denen Erwärmung und Abkühlung allmonatlich ihre Schubkräfte ansetzen — recht flach sein muß. Daher ist ein räumliches Abheben der Strahlen fast nicht zu bemerken, aber im 2.5 m-Reflektor des Mt. Wilson ist doch ein geringer Schattenwurf bei niedrigem Sonnenstande erkannt worden (K. Graff: Astrophysik 1928, S. 441). Bei diesem Abbröckeln und Abrutschen des Schuttes werden die mehr kugeligen Mineralkörner (und die sie begrenzenden Spaltflächen) alle Raumlagen etwa gleich häufig einnehmen, die Platten und Tafeln der Glimmer werden dagegen vorwiegend flach, mit geringer Neigung gegen die Oberfläche geschichtet sein. Das erklärt die optische Besonderheit der Strahlen. Pegmatit ist an und für sich schon lichter als der

<sup>1)</sup> Ausdehnungskoeffizienten der Pegmatitminerale: Quarz parallel zur Achse 0.000078, normal dazu 0.00014; Orthoklas nach den drei Achsen: 0.00019, -0.000020, -0.000015 (d. h. Kontraktion bei Erwärmen, nach zwei Achsen!)

Durchschnitt des sonstigen Gesteines<sup>1)</sup>, geradezu herausleuchtend erscheinen die Streifen, sobald die Spiegelung an den Glimmern ins Spiel kommt, und das ist — wegen der meist flachen Lagerung der Blättchen im Schutt — nur bei hohem Sonnenstande, um Vollmond herum, in größerem Maße der Fall.

Ist es aber nicht vielleicht bedenklich, ein so reichliches Vorkommen von Pegmatit auf dem Monde anzunehmen, reichlicher anscheinend als auf der Erde? Pegmatit entsteht aus der sauersten Restschmelze, nach Erstarren des Hauptteiles des Magma. Da der Mond im Gesamtbestand viel saurer ist als die Erde — was, von allen Theorien abgesehen, unmittelbar die Beobachtungen über Dichte und Polarisationswinkel an der Oberfläche bezeugen — so ist nicht unwahrscheinlich, daß auch der sauerste Rest verhältnismäßig mehr ausmacht. Auch ist beim Vergleich zu beachten, daß auf der Erde vieles von den älteren Pegmatitförderungen wegen Überdeckung mit Schichtgesteinen — was am Monde fehlt — nicht an der Oberfläche zur Geltung kommt, wenigstens nicht als Gang.

Die hellen Strahlen sind meist klar an gewisse Mondkrater als Mittelpunkte von Büscheln gebunden. Wie man nun die Entstehung dieser Krater sich vorstellen mag (abgesehen von der wenig wahrscheinlichen Meteoritenhypothese), so erscheinen sie als Zentren der magmatischen Aktivität. Es ist verständlich, daß von solchen Zentren aus Spalten aufgerissen und mit magmatischen Ablegern gefüllt werden. Daß nur ein (kleiner) Teil der Krater ein solches Gangfolge erkennen läßt, entspricht der Erfahrung, daß von den entsprechenden magmatischen Zentren auf der Erde (Massive) nur ein Teil ein Pegmatitfolge hat, oder ein sehr geringes, das nur etliche hundert Meter reicht, oder auch Pegmatite ohne Glimmer. Das Vorkommen solcher Strahlensysteme auf dem südlichen Hochlande (Tycho, Furnerius, Stevinus usw.), sowie auf dem nördlichen (Anaxagoras, Thales usw.) entspricht ganz dem der Pegmatite im Grundgebirge unserer »Alten Schilde«. Allerdings, daß eine große starke Gruppe (Kopernikus, Kepler, Aristarch usw.) gerade in der tiefsten Grube des Mondreliefs drinsteckt, bedarf noch der Erörterung. So wenig wir von den entsprechenden Tiefgebieten der Erde direkt wissen: daß etwa ähnlich um Hawaii in den Tiefen verborgen ein Strahlensystem von Pegmatitgängen läge, wäre nach den heutigen geologischen Anschauungen auszuschließen. Aber nach eben diesen Anschauungen liegt dort im Stillen Ozean basisches Sima bloß. Dafür gibt es am Mond keine Parallele, gerade die »maria« sind nach ihrer Polarisierung unmittelbar als ziemlich saueres Ergußgestein bestimmt, weitab von dem sehr basischen Hawaii-Basalt.

Die Anordnung der Strahlen auf der Mondkarte stimmt ohne weiteres zu unseren Begriffen von Bruchtektonik, besonders die einander in engmaschigem Netz durchdringenden Gruppen. Nur daß am Monde die Gangklüfte verhältnismäßig sehr lang sind. Allerdings haben wir auch auf der Erde ganz ansehnliche Ganglängen: der Great Dyke von Rhodesien ist 480 km lang, und auch unser Bayerischer Pfahl — der übrigens, wenn abgedeckt, einen recht schönen weißen Strich auf dem Planetenbild gäbe — hat gut 140 km. Aber solche Gänge sind auf Erden nicht so häufig und nicht in ähnlichen Gruppen zu finden wie am Mond. Für diesen Unterschied mag die große Verschiedenheit in Schwere, Chemismus, Gebirgsbau usw. als zureichende Erklärung gelten. Die Breite nimmt bei Gängen vom magmatischen Zentrum weg im allgemeinen ab, und sie spitzen distal aus. Die Breite der Strahlen ist aber nicht bloß von der Mächtigkeit des Ganges bestimmt, es ist die Breite, bis zu der der Zerbröckelungsschutt unter Schwere und Schub der stoßweißen Erwärmung auseinandergetrochen ist; sie wird auch von der Höhe der ursprünglichen Aufragung bestimmt. Das erklärt leicht Schwankungen in der Breite und unscharfe Begrenzung. Wenn bei einigen Systemen die Strahlen nicht ganz bis zum Zentrum durchziehen (bei Tycho wird 60 km als dunkler Ring angegeben) so liegt die Vermutung nahe, daß nach der Bildung der Gänge von diesen Kratern aus nochmals basisches Material gefördert worden ist — für solche »Rekurrenzen« in der Magmafolge haben wir genügend irdische Beispiele — und daß dieses in der Nähe des Kraters die Pegmatite überdeckt hat.

<sup>1)</sup> Wenn J. Franz (Der Mond, 1912, S. 89) gegen ähnliche Gedankengänge einwendet: »Lava sieht auch schwarz und nicht weiß aus, wenigstens auf Erden«, so ist das nur für den augenblicklichen Erdzustand annehmbar. In der Gesamtheit der in geologischer Zeit geförderten Gangfüllungen sind die lichten (saureren, d. i. SiO<sub>2</sub>-reichen) Gesteine (granitische und porphyrische Ganggesteine, Aplite, Pegmatite, hydrothermaler Quarz) klar und stark in der Mehrheit, und für den als Ganzes saureren Mond ist das ebenfalls zu erwarten.

Die hiermit umrissene Hypothese erklärt ohne Zwang alle Beobachtungen und Feststellungen, welche man an den hellen Strahlensystemen des Mondes gemacht hat, und setzt diese in Vergleich mit wohlbekannten Erscheinungen aus der Geologie der Erde. Auch in die theoretischen Gedankengänge über Zusammensetzung, Aufbau und Entwicklung des Mondes dürfte sich diese Vorstellung ohne weiteres einbauen lassen. Danach darf man wohl die Astronomen auffordern, zur weiteren Prüfung den Aufwand besonderer Untersuchungen zu riskieren, photometrisch und besonders durch Untersuchung der Polarisierung des reflektierten Lichtes. Dafür wird sich als nützlich erweisen, daß die optischen Eigenschaften von Muskovit (Brechungsindex 1.562, 1.595, 1.603) beträchtlich abweichen von denen vulkanischen Glases (Obsidian:  $n \approx 1.5$ ), was im Polarisationswinkel ( $\tan p = n$ ) bis an 2° ausmachen könnte.