
WILHELM FOERSTER STERNWARTE & MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

BERLIN 41 · Munsterdamm 90 · Insulaner · Ruf 7962029

Protokoll

der

187. Sitzung der

GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER

1974 Juni 10

Beginn: 20.05 Uhr.

Es sind erschienen Fräulein Surawski sowie die Herren Becker, Brühl, Bulcynski, Chuehla, Flötting, Giebler, Hänig, Hanke, Heilmann, Holtzer, Hopp, Illgen, Klingberg, Koppelman, Kowalec, Kunert, Kunze, Liebold, Lindner, Paech, Radic, Raschke, Schneider, Stadler, Völker und Voigt.

Herr Kunert eröffnet die Sitzung und begrüßt die Anwesenden. Er bittet um Diskussion der Beobachtungen der partiellen Mondfinsternis am 4/5. Juni 1974. Herr Raschke stellt fest, daß die Finsternis verhältnismäßig dunkel gewesen sei, der Mond erschien ihm im Kernschatten rötlich gefärbt.

Herr Kunert berichtet von Beobachtungen von Herrn Brenske und Herrn Dr. Wagner, die überraschenderweise festgestellt haben, daß der Kernschatten nicht überall gleichmäßig erschienen sei. Das wird von einigen Beobachtern bestätigt. Herr Hänig hat auch eine dunkelrote Färbung im Kernschatten beobachtet. Er ist der Meinung, daß die Finsternis nicht besonders dunkel gewesen sei, was von anderen Beobachtern behauptet wurde. Dann berichtet Herr Giebler, daß er die Finsternis etwa 20 km westlich von Bremen in ländlicher Umgebung und ohne störendes Stadtlicht beobachtet hat. Zur Zeit der größten Phase war der Himmel wolkenlos. Ebenso wie Herr Hänig hält Herr Giebler diese Finsternis für verhältnismäßig hell. Die ganze Mondscheibe war in vollem Umfang und mit scharf begrenztem Rand sichtbar geblieben. Die Verfärbung war kupferrötlich. Als Instrument stand nur ein 6 x 30 Zeiss-Feldstecher zur Verfügung. Die Herren Kuchler und Lindner bestätigen anschließend die rötliche Färbung des Kernschattens. Herr Lindner ist der Meinung, daß die Finsternis recht dunkel war.

Dann führt Herr Kowalec eine Reihe von Finsternis-Aufnahmen in Diaprojektion vor und erläutert die Dias. Er zeigt 27 Photographien der partiellen Mondfinsternis, die er in Berlin-Lankwitz von seinem Balkon aus mit seinem 5" Refraktor (1.3 m Brennweite) aufgenommen hat. Zur Zeit des Eintritts des Mondes in den Kernschatten war der Himmel in Mondnähe noch klar, in den folgenden Minuten aber bewölkte sich der Himmel vollkommen. Erst einige Minuten nach der größten Phase um 23.16 MEZ klarte der südliche Himmel vollkommen auf, so daß in der folgenden dreiviertel Stunde eine Serie von Aufnahmen möglich war. Dabei wurden die Belichtungszeiten zwischen 1/5 Sekunde und 12 Sekunden variiert. Auf den lang belichteten Aufnahmen um 10 Sekunden ist auch in der Projektion die kupferrote Färbung des Kernschattens gut zu erkennen. Die letzten Aufnahmen stammen von 0.50 MEZ: Sie zeigen den Mond beim Austritt aus dem Kernschatten. Die Bilder finden großen Beifall.

Dann gibt Herr Kunert einem jungen Mitglied das Wort zu einem Bericht über den Krater Picard. Der Schüler Frank Flötting stellt fest, daß sich der genannte Krater auf 78° östlicher Länge und 25° südlicher Breite befindet. Er zitiert dabei den englischen Astronomen Neison, der sich seinerzeit auf Grund seiner Ausrüstung um einige Kilometer in der Länge, Breite und Tiefe des Kraters verschätzte.

Ebenso wurde der Zentralberg von Neison übersehen oder wegen der damaligen einfachen optischen Geräte nicht erfaßt. Heute ist der Zentralberg innerhalb des Kraters Picard mit einem Teleskop von 2 1/2" bei einigermaßen guten Sichtverhältnissen zu beobachten. Herr K u n e r t dankt dem Referenten unter Zustimmung der versammelten Sternfreunde.

Herr P a e c h , der aus persönlichen Gründen etwas später erscheinen mußte, zeigt dann noch einige Dias der Mondfinsternis vom 4. zum 5. Juni 1974, die großen Beifall finden.

Herr Kunert gibt Herrn S t a d l e r das Wort:

Als Ergänzung an die interessante Arbeit von Herrn Classen im GBM-Protokoll-Nr. 186 zitiert Herr S t a d l e r aus einem eigenen Aufsatz, der im Rundbrief Nr. 15 der Sternwarte Gummersbach erschien: Wie schon seit einiger Zeit bekannt ist, scheint der Gassendi ein Zentrum der TLP-Aktivität auf dem Mond zu sein, Leuchterscheinungen, die wahrscheinlich auf Entgasungen zurückzuführen sind. Bis Mitte des Jahres 1968 waren in dem Krater 17 Lunar-Blinks festgestellt worden. Es zeigte sich dabei eine Abhängigkeit von den Gezeitenwirkungen, wie besonders aus einer Arbeit von B.M. Middlehurst, W.B. Chapman aus dem Jahre 1968 hervorgeht. Insbesondere scheint sich der Middlehurst-Effekt (TLP-Maximum zur Zeit des Perigäums) zu bestätigen.

Wie ist es nun zu erklären, daß gerade Gassendi ein Zentrum (wenn auch nur in mittlerem Ausmaße) der Lunar-Blink-Aktivität ist? Um dies festzustellen, muß man die Verteilung der TLP-Aktivität untersuchen, wie das schon in den Arbeiten von Middlehurst und in neuerer Zeit von Cameron geschehen ist. Dabei zeigt sich ein Maximum der TLP-Erscheinungen an den Rändern der Maria. Als Erklärung hierfür wäre eine Hypothese von O'Keefe und Cameron aus dem Jahre 1962 heranzuziehen. Danach sind die Mare-Ränder Zentren von tektonischem Streß. Der Beweis läßt sich gerade für Gassendi gut führen. Sein Südwall hat sich zum Mare Humorum hin gesenkt. Es muß also eine Bewegung stattgefunden haben. Die Höhe der Randwälle des Kraters zum Normalniveau nimmt nach Süden hin ab, so daß die dunkle Materie im südlichen Teil des Kraters, die auch in unseren Beobachtungen besondere Beachtung fand, wahrscheinlich nicht durch irgendwelche Lücken im Wall, sondern über den gesunkenen Wall im allgemeinen geflossen sein kann. Durch den durch diese Bewegung verursachten Streß muß es dann zum Ausströmen von Gas gekommen sein, welches noch heute in der Form der TLP-Phänomene beobachtet wird. Während unserer Beobachtungen konnte kein Lunar-Blink (am Gassendi) beobachtet werden.

Herr K u n e r t setzt dann die Verlesung des Entwurfs einer Arbeit von Herrn C l a s s e n über "Das Innere des Mondes" fort, er bemerkt:

Teil II: Die frühere Mondentgasung

Nun sind die heutigen lunaren Gasausbrüche nicht im entferntesten vergleichbar mit der Entgasung, die früher auf dem Mond herrschte. Dieser früheren Mondentgasung wurde bisher in der Literatur nicht die ihr gebührende Aufmerksamkeit geschenkt. Die folgenden Ausführungen sollen dieses Versäumnis nachholen.

Ausgegangen sei dabei von jener Zeit vor mehr als $4,5 \times 10^9$ Jahren, in welcher der Mond durch radioaktiven Zerfall, durch Meteoritenbombardement sowie vielleicht auch durch andere Prozesse erhitzt und dadurch zumindest in seinen Außenbezirken aufgeschmolzen war. In jener Zeit enthielt der Mond noch viel Gas. Zwar war sein Gasgehalt pro Raumeinheit wahrscheinlich nicht so hoch wie derjenige der Erde. Der geringe Wassergehalt des Mondes, der nach den Untersuchungen an lunaren Gesteinsproben schon vor über 3×10^9 Jahren bestanden haben muß, sowie ferner andere Beobachtungen und Überlegungen legen die Annahme nahe, daß der Mond schon während seiner gravitativen Zusammenballung viele seiner flüchtigen Elemente verlor. Trotzdem war sein Gasgehalt vor etwa $4,5 \times 10^9$ bis 5×10^9 Jahren sicher noch sehr groß.

Das Gas war in chemisch gebundener Form in der Mondsubstanz enthalten. An der Mondoberfläche vermochte dieses Gas verhältnismäßig leicht aus dem hier befindlichen flüssigen Magma zu entweichen. Weiter im Innern des Mondes dagegen erschwerten

der meist auf dem Magma lastende Druck sowie die Absperrung des Magmas vom freien Weltraum ein Freiwerden des Gases.

Trotzdem kam es auch in dem damals sicher sehr turbulenten Mondinnern bei Druckentlastungen und anderen Vorgängen zu einer Entgasung. Ein Teil der sich dadurch bildenden Gasblasen vereinigte sich wohl auch zu größeren Gasansammlungen. Vor allem aber strebte das Gas, und zwar meist mit seinem umgebenden Magma, nach oben zur Mondoberfläche. Ein Hochsteigen durch das übrige Magma gelang ihm aber nur bei genügender Auftriebskraft oder beim Vorhandensein eines geeigneten Aufstiegskanals.

Ähnliches beobachtet man auch bei Ausbrüchen irdischer Vulkane. Sie treten erst ein, wenn das Gas bei genügend angestiegener Innenspannung den Eruptionsschlot ausräumen und sein umgebendes Magma mit nach oben reißen kann. Ein besonders schönes Beispiel hierfür ist der regelmäßig ausbrechende Kilaueakrater auf Hawaii. Dabei erfolgt bei irdischen Vulkanausbrüchen meist der gleichzeitige Ausstoß von Gas und flüssiger Lava (Lava = entgastes, aus Vulkanen ausfließendes Magma). Zuweilen besteht aber auch nur Gasförderung, beispielsweise beim Ausbruch des Shirane in Japan von 1882. Dieser Gasausbruch war so heftig, daß ein Gesteinspfropf von 200 m Durchmesser in die Luft flog. Beim Gasausbruch des Bandaisan vom 15. Juli 1888 wurde sogar der größte Teil (etwa 1,2 km³) des Berggipfels Konbandai weggesprengt, wobei die Gasförderung aus Wasserdampf und schwefliger Säure bestand. Schließlich hatte die Gasphase des Vesuviusausbruchs vom 8. April 1906 nach F.A. Perret einen kontinuierlichen Gasstrom von 400 m Durchmesser zur Folge, der bis in eine Höhe von 12 bis 13 km aufstieg (17). Man kann den irdischen Vulkanismus geradezu als Entgasung der Erde auffassen. Zusammen mit dem durch das Gestein diffundierenden Gas sollen der Erde jetzt noch täglich viele Millionen m³ Gase der verschiedensten Art entströmen (18).

Im Hinblick auf den Mond ist noch wichtig, daß nach A. Rittmann (19) besonders bei basischem Magma eine Vereinigung der Gasblasen eintritt. Basisches Magma war aber auf dem Mond wahrscheinlich vorherrschend. Bei saurem Magma findet dagegen nur eine Aufblähung der Schmelze statt, sich vergrößernde Gasblasen werden³ nicht beobachtet. Im übrigen enthält irdisches Magma nach Daly und v. Wolf pro cm³ bis etwa 200 Gasblasen mit maximal bis zu 2 mm Durchmesser. Das Volumen der Gasblasen ist oft größer als das Volumen der flüssigen Lava.-

Nun wieder zurück zu dem in seinen Außenbezirken aufgeschmolzenen Mond. Es kam nämlich in diesen Außenbezirken im Verlaufe der weiteren Entwicklung zu einer Erstarrung der Mondsubstanz. Diese Erstarrung begann ganz außen an der Mondoberfläche. Das Magma kühlte sich hier zu einer Oberflächenkruste ab. Zwar kann sich ein großer, homogen zusammengesetzter Himmelskörper auch von innen verfestigen. Der hohe Druck in seinem Innern bedingt nämlich ein starkes Ansteigen seines Schmelzpunktes, während seine Temperatur nicht in diesem Maße ansteigt. Nebenbei erfolgt aber wohl auch hier meist die Ausbildung einer Oberflächenkruste.

Beim Mond trat jedenfalls vor allem eine Erstarrung von der Oberfläche aus ein. Bei dieser Erstarrung wurden jedoch die Hohlräume im Mondmagma mit verfestigt, in denen sich gerade Gasblasen befanden. Die Oberflächenkruste des Mondes wurde also porös. Es fand ein ähnlicher Vorgang statt, als wenn auf der Erdoberfläche Bimsstein entsteht. Auch hier folgt auf die Entgasung und Aufblähung einer Schmelze ein Erstarrungsvorgang. Das spezifische Gewicht des Materials sinkt bei Bimsstein von etwa 2,4 bis auf 0,3 g/cm³. Die bei Bimsstein entstehenden Hohlräume sind bis etwa 2 mm groß.

Auch als die Erstarrung tiefere Teile des Mondinnern erfaßte, wiederholten sich die obigen Vorgänge. Ja in einer Hinsicht entstanden jetzt sogar noch günstigere Bedingungen für die Konservierung der Gasblasen-Hohlräume. Die sich immer mehr verfestigende Oberflächenkruste des Mondes mußte nämlich das Hochstreben der Gasblasen nach der Oberfläche verzögern bzw. zum Stehen bringen. Dadurch konnten die im Magma befindlichen Gasblasen leichter von der Erstarrung des Magmas erfaßt werden als bisher. Die feste Oberflächenkruste sammelte also die hochstrebenden Gasblasen und "präparierte" sie auf ihre Konservierung vor.

Durch die geschilderten Vorgänge sind heute in bestimmten oberflächennahen Schichten des Mondes noch zahlreiche Hohlräume von der ehemaligen Mondentgasung vorhanden. Sie verleihen den betreffenden Schichten einen ausgesprochen porösen Charakter. Größe, Form, Erhaltungszustand usw. dieser konservierten Gasblasen variieren je nach der Menge des seinerzeit eingeschlossenen Gases, nach der jeweiligen Gasart, nach den Eigenschaften des Magmas und nach vielem anderen.

Das ursprüngliche Gas ist aus diesen Hohlräumen längst entwichen. Es diffundierte durch das Gestein ins Freie. Über die Schnelligkeit dieser Diffusion gibt folgendes von H. Haalck (20) angegebene Beispiel einen Anhalt. Danach entgast ein irdisches Gaslager von 5 000 m Mächtigkeit und einem Hohlraumvolumen des Speichergesteins von 20% bei einem Druck von 100 at durch eine 1 000 m mächtige Dolomitdecke angeblich in etwa 1 000 000 Jahren. Lediglich mit Wasser durchtränkte Gesteinsschichten halten ein Gaslager geologisch lange Zeiträume zusammen, da Gas durch Wasser fast 500 mal langsamer hindurchströmt als durch Gestein. Wasser hat der Mond aber wie gesagt kaum besessen.

Die meisten der heute im Mondinnern befindlichen Hohlräume befinden sich wahrscheinlich in nicht allzu großer Tiefe, etwa im Hundertmeter- und im Kilometerbereich. Auch mögen sich die Gasblasen hier unter der erstarrenden Mondoberfläche besonders oft zu größeren Gasansammlungen vereinigt haben, weshalb wahrscheinlich auch die Größe der Hohlräume in diesen Bereichen ihr Maximum erreicht. Normalerweise werden derartige Hohlräume nur Bruchteile von Millimetern oder einige wenige Millimeter groß. Im Hundertmeter- und im Kilometerbereich des Mondes sind aber auch Hohlräume von Zentimetergröße, Dezimetergröße und noch größer denkbar. Es gibt ja auch auf der Erde unterirdische Höhlen ("Blasenhöhlen") von manchmal beträchtlicher Ausdehnung, die von früher hier eingeschlossenen Gasansammlungen herrühren. Unter anderem sollen nach W. Biese (17) die meterhohen "Kristallkeller" im Granit der Westalpen Beispiele hierfür sein.

Nach größeren Tiefen zu, etwa im 10 Kilometer- und im 100 Kilometerbereich des Mondes, zerstörte der zunehmende Druck einen großen Teil der Hohlräume, sofern solche hier überhaupt zur Ausbildung kamen. Im Mondkern sollten Hohlräume gar nicht oder nur selten vorkommen.

Auch direkt an der Mondoberfläche sind Hohlräume kaum zu erwarten. Zwar begünstigte hier einst der fehlende Druck das Entstehen von Gasblasen, aber es war hier auch ein leichtes Entweichen des Gases möglich. Außerdem wurde die ursprüngliche Mondoberfläche seither durch das Meteoritenbombardement weitgehend zerstört. Trotzdem brachten die Apollo-Mannschaften von der Mondoberfläche Gesteinsproben mit, die in ihrem Innern zahlreiche Hohlräume aufwiesen. W.v.Engelhardt (21) vermutet, daß diese Hohlräume vor der Erstarrung des Magmas Kohlenoxid enthielten.

Der Durchmesser dieser Hohlräume variiert bei den Apollo 11 - Proben zwischen 1 und 3 mm (22). Basaltfragmente aus dem Mare Imbrium, mitgebracht von der Apollo 15-Mannschaft, wiesen bei einer Länge der Fragmente von 15 mm Hohlräume bis 5 mm Durchmesser auf (23). Angaben über die Zahl der Hohlräume pro cm^3 werden kaum gemacht. Derartige Angaben wären aber sehr erwünscht, da sie Aussagen über die frühere Porosität der oberflächennahen Schichten des Mondes ermöglichen würden. Leider erhielt die Sternwarte Pulsnitz noch kein für entsprechende Untersuchungen geeignetes Mondgestein. Den Abbildungen der Apollo 11 - Proben zufolge hatten die Poren ein Hohlraumvolumen bis zu etwa 20%. Apollo 15 brachte Gesteinsproben mit, die bis zu 50% aus Hohlräumen bestehen sollen (Zeitungsmeldung). -

Jetzt das Wichtigste darüber, warum es offenbar einst beim Mond in größerem Maße zur Konservierung von Gasblasen kam als bei der Erde. Der Grund war vor allem die verhältnismäßig große Schnelligkeit, mit der das Magma beim Mond erstarrte. Die Gasblasen im Magma eines Himmelskörpers haben nämlich mehr Chancen, verfestigt zu werden, wenn die Erstarrung schnell vorsichgeht. Das Gas hat dann keine Zeit mehr, rechtzeitig vor der endgültigen Erstarrung des Magmas aus diesem zu diffundieren. Es ist ähnlich wie in der Gußtechnik, in der eine zu schnelle Erstarrung der Schmelze zur "Gasblasensaigerung" führt (17), also zur ausgiebigen Ausbildung von Hohlräumen. Im theoretischen Extremfall, nämlich wenn die Erstarrung

des Magmas die Angelegenheit eines Augenblicks ist, sollten sich die Hohlräume sämtlicher vorhandener Gasblasen verfestigen.

Geht die Erstarrung dagegen langsam vor sich, so bestehen weniger Chancen für die Konservierung der Gasblasen. Das Gas kann jetzt das Magma rechtzeitig vor dessen endgültiger Verfestigung verlassen. Im theoretischen Extremfall, d.h. bei einer unendlich lange andauernden Erstarrungsphase des Magmas, findet auch das letzte Gasbläschen einen Weg ins Freie.

Die Erstarrungsgeschwindigkeit des Magmas richtet sich nun unter anderem nach dessen mineralogischer Zusammensetzung. Nach M.Trautz (17) "hat ein Stoff im Zustand höchster Reinheit ... die maximale Kristallisationsgeschwindigkeit. Sie wird durch Fremdstoffzusatz ... herabgesetzt". Nun ist das Mondinnere in mineralogischer Hinsicht insgesamt homogener als das Erinnere, d.h. es erstarrte schneller als das letztere. Demnach waren die Voraussetzungen für die Konservierung von Gasblasen beim Mond verhältnismäßig günstig. Bei der Erde waren sie nicht so günstig.

Weiter hängt die Erstarrungsgeschwindigkeit des Magmas von der Größe des Himmelskörpers ab. Ein kleiner Himmelskörper (Mond) hat verhältnismäßig viel Oberfläche und verhältnismäßig wenig Volumen, deshalb erfolgt hier eine schnelle Abkühlung des Magmas. Bei einem großen Himmelskörper (Erde) wird das Verhältnis ungünstiger. Die Abkühlung des Magmas erfolgt hier verhältnismäßig langsam. Die Oberfläche einer Kugel wächst ja bei steigendem Radius nur mit der zweiten Potenz an, das Volumen dagegen mit der dritten Potenz. Als Resultat ergibt sich wieder, daß es beim Mond mehr konservierte Gasblasen geben sollte als bei der Erde.

Auch der verhältnismäßig geringe Druck im Innern des massearmen Mondes begünstigte wahrscheinlich die Konservierung von Gasblasen, denn er bewirkte eine sehr ausgiebige Entgasung des Magmas. Der verhältnismäßig große Druck in gleichen Tiefen der massereichen Erde hatte dagegen wahrscheinlich das Gegenteil zur Folge. Diesem Tatbestand stand allerdings gegenüber, daß das Mondmagma wie oben schon erwähnt wahrscheinlich von vornherein weniger Gasanteile pro Raumeinheit enthielt als das Magma der Erde.

Im übrigen ist es sehr wahrscheinlich, daß es außer den Hohlräumen von der früheren Mondentgasung noch ganz anders entstandene Hohlräume mit möglicherweise erheblichen Abmessungen auf dem Mond gibt. Zu vieles spricht dafür, daß das Mondinnere in großem Maße von Hohlräumen aller Art durchsetzt ist oder zumindest einst durchsetzt war. Auch auf der Erde gibt es ja außer den in magmatischen Gesteinen vorkommenden Gasblasen-Hohlräumen (Bimsstein, Kristallkeller) in großer Zahl unterirdische Spalten und Klüfte, die durch ganz andere geologische Prozesse entstanden sind. Die größte derartige Höhle der Erde, die Mammuthöhle in den USA, ist bereits auf eine Länge von 250 km erforscht. Um den Boden der tiefsten natürlichen Höhle zu erreichen, die bis jetzt bekannt ist, muß man 1 300 m tief in die Erde hinabsteigen.

Auf dem Mond dürften derartige Höhlen vor allem durch die Volumenverminderungen entstanden sein, die sich bei der Abkühlung eines Himmelskörpers einstellen. Erstarrendes Magma zieht sich zusammen, und wenn der betreffende Himmelskörper bereits eine feste Oberflächenkruste besitzt, so gibt diese dem später erstarrenden und einschrumpfenden Innern nicht oder nur zögernd nach, d.h. es entstehen Hohlräume. Auch in der Gußtechnik wird ähnliches beobachtet. "Durch Kontraktion beim Kristallisieren bilden sich von der Oberfläche (der Schmelze) her leicht Hohlräume aus" (17). Man bezeichnet diese Hohlräume in der Gußtechnik als "Lunker".

So nun sicher auch beim Mond. Auch bei dessen Einschrumpfung entstand allem Anschein nach ein System von Höhlen. Ja dieses Höhlensystem fiel wegen der verhältnismäßig schnellen Erstarrung des Mondes wahrscheinlich größer aus als bei der Erde. Auch die Lunkerbildung wird ja (genau wie schon die Gasblasensaigerung) durch schnelles Gießen gefördert, durch langsames Gießen dagegen eingeschränkt (17).

Die konservierten Gasblasen-Hohlräume des Mondes sowie dessen anderweitigen Spalten und Klüfte waren nun wahrscheinlich in erheblichem Maße bei der Entstehung der Maria mitbeteiligt. In einigen wenigen Fällen, vielleicht nicht mehr als fünf Mal, schlugen vor etwa $3,9 \times 10^9$ Jahren Riesenmeteorite von schätzungsweise etwa 50 bis 200 km Durchmesser auf dem Mond ein. Sie explodierten bei ihrem Aufsturz und erzeugten auf der Mondoberfläche riesige Krater. Einen Krater mit einem besonders schönen Kraterwall von etwa 1 000 km Durchmesser und 1 km bis maximal 6 km Höhe zeigt das Mare Imbrium. Hier türmte der Explosionsdruck ganze Gebirge auf (Alpen, Kaukasus, Apenninen, Karpaten), wobei das Auswurfmaterial aus mehr als 10 km Tiefe stammte.

Vor allem zertrümmerte der Explosionsdruck unterhalb der entstandenen Becken die Hohlräume, die hier von der ehemaligen Mondentgasung und von anderen geologischen Vorgängen vorhanden waren. Da diese Hohlräume ein großes Gesamtvolumen besaßen, hatte ihre Zertrümmerung eine bedeutende zusätzliche Senkung des Mondbodens bis hin zu den Rändern der Becken zur Folge. Die Beseitigung der Hohlräume formte also mit die Mondoberfläche.

Würde man diese Beseitigung der Hohlräume nicht mit einkalkulieren, so bliebe vieles auf dem Mond unverständlich. So wird beispielsweise von H.Wänke (24) angenommen, daß das Becken des Mare Imbrium eine ursprüngliche Tiefe von 100 km hatte. Wäre die verschwundene Mondsubstanz aus dem Becken herausgeworfen und unverändert an den Rändern abgelagert worden, so hätte sich ein viel höherer Kraterwall bilden müssen, als ihn die Beobachtungen zeigen. Tatsächlich schrumpfte jedoch die vorher durch Hohlräume aller Art aufgeblähte Mondsubstanz auf einen Bruchteil ihres früheren Volumens ein. Sie verhielt sich so wie Bimsstein, dem man im Mörser durch Zerstoßen seine Porosität nimmt. Auch Karte 4 zeigt deutlich, daß die aus den Becken ausgeworfene Mondsubstanz eigentlich viel größere Kraterwälle hätte bilden sollen.

Damit waren zunächst die Becken der kreisförmigen, echten Maria (Mare Imbrium, Mare Serenitatis, Mare Crisium, Mare Nectaris und Mare Humorum) entstanden. Etwas später, nämlich den Altersbestimmungen an den lunaren Gesteinsproben zufolge vor $3,85 \times 10^9$ bis $3,15 \times 10^9$ Jahren, wurde durch die tiefreichende Freilegung des Mondinnern ein großer, in Etappen erfolgreicher Magmaerguß ausgelöst. Dieser füllte allmählich die Marebecken und ihren zerklüfteten Untergrund aus und erstarrte hier zu einem Basalt von hoher Dichte. Dieser Basalt versperrt bis heute allen aufsteigenden Gasen den Weg. Das ist anscheinend der Grund, warum im Innern der Maria keine TLP beobachtet werden. Auch erzeugte dieser aufgestiegene Basalt wahrscheinlich die Mascons (Karte 3). Denn dem Magmaerguß in die Marebecken und ihren darunter befindlichen Untergrund floß auch Magma aus solchen Schichten des Mondinnern zu, die sich nicht unter den Marebecken befanden, sondern in deren Nachbarschaft lagen. Dadurch erfolgte im Mondinnern eine Substanzverlagerung aus der Nachbarschaft der Marebecken in die Marebecken hinein, wodurch die Maria selbst eine überdurchschnittlich große Masse erhielten.

Kaum dagegen können die Mascons die Reste der Riesenmeteorite sein, welche einst den Anlaß zur Entstehung der kreisförmigen Maria gaben. Diese vor allem früher oft vorgetragene Theorie scheitert an der Tatsache, daß die aufstürzenden Riesenmeteorite durch das Freiwerden ihrer großen Bewegungsenergie größtenteils verdampfen mußten. Aber etwas anderes erinnert wahrscheinlich noch an die ehemaligen Riesenmeteorite. Das ist die unregelmäßige Verteilung der kreisförmigen Maria auf dem Mond. Diese Verteilung macht es nämlich wahrscheinlich, daß die Entstehung dieser Maria exogen vom Weltraum her ausgelöst wurde, kaum endogen durch geologische Ursachen.

Völlig unregelmäßig sind übrigens die kreisförmigen Maria nicht über den Mond verteilt. Sie liegen fast alle auf der erdzugewandten Seite des Mondes. Ferner bilden zumindest drei von ihnen (Mare Imbrium, Mare Serenitatis und Mare Crisium) deutlich eine Kette, den sogenannten "Maregürtel". Vielleicht ist das kleine kreisförmige Mare Moscovense auf der Rückseite des Mondes das vierte Glied dieser Kette. Alle diese vier Maria liegen am 30. nördlichen Breitenkreis des Mondes, ihre Durchmesser nehmen vom Mare Imbrium an ab, ihre gegenseitigen Abstände nehmen zu. Auch scheinen die Becken dieser Maria etwa zur gleichen Zeit entstanden zu sein.

Alles dieses spräche zugunsten des Niederganges eines Meteoritenschwarms. Vielleicht bestand letzterer vorher aus einem Mondbegleiter, der in die Rochesche Grenze geriet und durch unterschiedliche Gezeitenwirkungen in Stücke zerrissen wurde. Das größte Stück stürzte zuerst auf den Mond und erzeugte das Mare Imbrium. Das kleinste Stück, welches das Mare Moscoviense her- vorbrachte, flog am weitesten. Gut zur Flugbahn eines auf diese Weise ent- standenen Meteoritenschwarms, der ja mehr oder weniger genau um den Mond- mittelpunkt kreisen mußte, würde auch das kleine kreisförmige Mare Ingenii auf der Mondrückseite passen.

Nun die Entstehung der nicht kreisförmigen, mit kleinem Kraterwall ausgestat- teten, "unechten" Maria (Mare Tranquillitatis, Mare Foecunditatis, Mare Nubium, Mare Vaporum und Oceanus Procellarum). Wie schon erwähnt, beteiligte sich an dem Magmaerguß in die Becken der kreisförmigen Maria auch Magma, das aus dem diesen kreisförmigen Maria benachbarten Mondinnern stammte. Dadurch wurde den darüber befindlichen Schichten des Mondes sozusagen der Boden unter den Füßen entzogen und es kam zu einem Einsinken dieser Schichten. Die Becken der nicht kreisförmigen Maria bildeten sich.

Hierbei erfolgte offenbar wieder in großem Maße eine Zertrümmerung der in diesen Gebieten vorhandenen Hohlräume. Anders sind jedenfalls auch hier bei den nicht kreisförmigen Maria die großen Bodensenkungen kaum zu erklären, die im Bereich dieser Maria festzustellen sind. Überall stößt man also auf die Porosität des Mondes.

Die so entstandenen neuen Becken wurden daraufhin etappenweise von dem da- mals noch flüssigen Basaltmagma der benachbarten kreisförmigen Maria über- flutet. Es fand also oben auf der Mondoberfläche ein teilweiser Rückfluß des Magmas statt. Wo die Maria Verbindung miteinander hatten, suchte das Magma eine gleich hohe Oberfläche anzunehmen. Diese Oberfläche liegt heute etwa 3 km tiefer als das alte Hochland des Mondes. Die Tiefe der entstandenen Ba- saltfüllung beträgt beispielsweise beim Oceanus Procellarum bis 20 km.

Natürlich bildeten sich an den Rändern der neuen Maria auch wieder die für die Maria typischen Verwerfungsspalten. Daher sind auch an den Rändern der nicht kreisförmigen Maria TLP-Objekte anzutreffen. Mascons finden sich dagegen in diesen Maria nicht. Der Abfluß an Magma unter der Oberfläche war bei die- sen Maria größer als der Zufluß an Magma über der Oberfläche. Die Substanz- verlagerung erfolgte also aus dem Mare heraus, nicht in das Mare hinein. An- scheinend wirkt sich letzteres an den Schwerelinien des Mondes (Karte 3) aus. Diese zeigen nämlich am Ort einiger nicht kreisförmiger Maria, vor allem des Mare Tranquillitatis und des Mare Foecunditatis, ausgesprochene Masse- defizite.

Nebenbei bemerkt, neuerdings treten wieder viele Autoren für eine rein geolo- gische, endogene Entstehung der Maria ein. Diese Erklärungsweise läßt jedoch viele Fragen unbeantwortet, so beispielsweise, wie es einerseits zur Entste- hung von kreisförmigen, andererseits zur Entstehung von nicht kreisförmigen Maria kam. -

Was noch einmal das etappenweise Vollaufen der nicht kreisförmigen Mare- becken anbelangt, so läßt jedoch viele Fragen unbeantwortet, so beispielswei- se, wie es einerseits zur Entstehung von kreisförmigen, andererseits zur Entstehung von nicht kreisförmigen Maria kam. -

Was noch einmal das etappenweise Vollaufen der nicht kreisförmigen Mare- becken anbelangt, so läßt sich dieses noch heute bei Fernrohrbeobachtungen an Höhendifferenzen und Farbunterschieden innerhalb der Maria erkennen. Die Photographie ist für derartige Beobachtungen weniger geeignet. In diesem Zu- sammenhang sei auf vier bis jetzt nicht beachtete dunkle Verfärbungen des Mondbodens von je etwa einer Bogenminute Durchmesser aufmerksam gemacht. Drei derartige Verfärbungen befinden sich südwestlich und westlich von Copernicus im Sinus Aestum. Eine liegt dicht nördlich der Hyginusrille im Mare Vaporum (Karte 5). Die Mittelpunkte dieser Verfärbungen fallen etwa auf folgende Orte:

Länge	Breite
- 14° W	+ 6° N
- 8° W	+ 6° N
- 5° W	+ 12° N
+ 6° E	+ 11° N

Vielleicht wurde das breitfließende Magma am Ort dieser merkwürdigen Flecke von einer dort befindlichen Substanz (Kohlemeteorite ?) verfärbt. Vielleicht waren aber auch hochsteigende Gase aus dem Mondinnern die Ursache der Verfärbung. Die Folgen der Mondentgasung sind ja noch längst nicht alle bekannt.

In normalen Fernrohren besitzen die Verfärbungen dasselbe Aussehen wie die benachbarten Maregebiete. Im 270 mm Refraktor der Sternwarte Pulsnitz, einem sonst optisch guten Instrument, sind die beispielsweise als solche nicht sichtbar. Auch keine Photographie vermag sie abzubilden. Nur in apochromatischen Fernrohren mit großem Gesichtsfeld, die besonders lichtstark für flächenhafte Objekte von etwa einer Bogenminute Durchmesser sind und eine gute "Brillanz" besitzen, können die Flecke um die Zeit des Vollmondes herum erkannt werden. Dann fallen sie allerdings auch ungeübten Beobachtern sofort in die Augen. Hier die optischen Daten eines kleinen binokularen Fernrohrs der Pulsnitzer Sternwarte, das diese Farbflecke mit überraschender Deutlichkeit zeigt:

Objektivdurchmesser	55 mm
Brennweite	550 mm
Vergrößerung	9 x
Austrittspupille	6 mm
Gesichtsfeld	5.4

Die beiden dreiteiligen Objektive von Askania sind vergütet, die Fernrohr-tuben sind eng aneinandergesetzt, Prismen sind nicht in den Strahlengang eingeschaltet. Die Sternwarte Pulsnitz besitzt noch ein nach gleichen Grundsätzen gebautes binokulares Fernrohr mit dreiteiligen D - Objektiven von Zeiss mit je 150 mm Objektivdurchmesser und 980 mm Brennweite. Es ist für Farbbeobachtungen flächenhafter Objekte auf dem Mond kleiner als etwa eine Bogenminute bestimmt. Leider verhinderten bisher äußere Widerstände die Aufstellung dieses Instrumentes in der dafür vorgesehenen Turmkuppel der Sternwarte. -

Nun noch einige weitere Überlegungen über das Mondinnere. Nach Karte 4 fehlt links auf der gesamten Nordhälfte des Mondes (also nicht nur in den Gebieten der tiefliegenden Maria) Substanz. Eine Verlagerung dieser Substanz nach dem Südpol des Mondes, also in das 3 km höher gelegene Hochland, erscheint kaum denkbar. Wo ist also auf der Nordhälfte des Mondes die fehlende Substanz hingekommen? Die Antwort kann wahrscheinlich nur lauten, daß sich die Mondoberfläche im gesamten Norden des Mondes auf Kosten der früher hier im Mondinnern befindlichen Gasblasen-Hohlräume, Spalten und Klüfte nach unten gesenkt hat, und zwar nach dem Aufschlag der Riesenmeteorite, welche die Maria schufen. In den Gebieten der Maria fand nur eine besonders tiefe Einsenkung statt. Die Zertrümmerung der Hohlräume war hier intensiver.

Am Südpol des Mondes erfolgte keine Zertrümmerung der Hohlräume durch Riesenmeteorite. Deshalb blieb hier das frühere Normalniveau des Mondes erhalten. Dabei ist die in Karte 4 am Südpol eingezeichnete Erhebung des Mondbodens vielleicht in Wirklichkeit das "Normalniveau" des Mondes. Sie stellt also keine echte Erhebung dar. An allen anderen Stellen außer am Ort dieser Erhebung hat sich dagegen der vorher durch Hohlräume aller Art aufgeblähte Mondboden gesenkt.

Weiter war es ein merkwürdiges Ergebnis der ersten amerikanischen Mondlandung vom 20. Juli 1969, daß die aus dem Mare Tranquillitatis mitgebrachten Gesteinsproben teilweise eine unerwartet hohe Dichte aufwiesen, nämlich bis $3,5 \text{ g/cm}^3$ (22). Demgegenüber besitzt der Gesamtmond eine mittlere Dichte von nur $3,343 \text{ g/cm}^3$. Nimmt man jedoch an, daß sich im Mondinnern noch viel Hohlräume von der ehemaligen Mondentgasung und von anderen geologischen Vorgängen befinden, so kann die Dichte des kompakten Mondgesteins durchaus die mittlere Dichte des Mondes übersteigen. Vielleicht befinden sich im Mondinnern noch größere Gesteinsdichten als $3,5 \text{ g/cm}^3$. Die Hohlräume bewirken jedoch, daß die mittlere Dichte des Mondes trotzdem nicht größer als $3,343 \text{ g/cm}^3$ wird.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Dichte von Glas (etwa $2,5 \text{ g/cm}^3$) und von Tektiten (etwa $2,4 \text{ g/cm}^3$) hingewiesen. Würden sich im Mondinnern größere Lagerstätten von tektitischem Glas befinden, so würden diese ebenfalls einer größeren Dichte anderer Mondteile entgegenwirken. Lunare Glaslagerstätten sollte es aber geben, wenn man annimmt, daß die Tektite aus dem Mondinnern stammen. Durch frühere große Gasausbrüche (nämlich nach den Altersbestimmungen an den verschiedenen Tektitearten vor $0,72 \times 10^6$ Jahren bis $33,3 \times 10^6$ Jahren) könnten die Tektite als zusammenhängende meteoritische Glasmassen mit Perlsteinstruktur vom Mond zur Erde geschleudert worden sein. Bei ihrem (für Meteorite verhältnismäßig langsamen) Eindringen in die Erdatmosphäre brachen diese Massen wie irdischer Perlstein zu Kugeln auseinander und gingen als dichte Partikelwolken auf den Tektitefeldern nieder. Vielleicht daß in manchen Fällen ein Teil der Glasmassen zusammenhielt und in der Nähe der Tektitefelder einen großen Meteoritenaufschlag verursachte (Nördlinger Ries, Wilkes-Land, Bosumtwi-See). Wie Herr C l a s s e n (25) gezeigt hat, erklärt man mit dieser Theorie alle bisher ungelösten Aspekte des Tektiteproblems. So beispielsweise auch die Entstehung jener aerodynamischen Verformungen, die 1960 von D.R.Chapman an Fernosttektiten aus Australien und 1967 von Herrn Classen (25) (26) an einem Moldavit aus Budweis (CSSR) nachgewiesen wurden.

Zur Zeit betrachtet man die Tektite noch meist als Ejekta irdischer Meteoritenaufschläge. Hierbei beträgt die erforderliche Flugweite beispielsweise bei den Moldaviten vom Nördlinger Ries bis in die CSSR max. 420 km. Bei den Fernosttektiten muß man sogar mit einem etwa 7 000 km großen Streufeld von Tasmanien bis Südchina bzw. mit einer Kraterentfernung von Wilkes-Land bis Südchina von etwa 10 000 km rechnen. Dem steht aber entgegen, daß in der Erdatmosphäre ballistisch so sehr benachteiligte Flugkörper wie die etwa 2 cm großen, leichten Tektite auch bei günstigsten Anfangsgeschwindigkeiten nur Flugweiten von einigen Kilometern erreichen, sofern sie nicht überhaupt durch die Reibung verdampfen.

Als zusammenhängende größere Masse, gleich ob in festem Zustand als Splitter des Meteoritenaufschlages oder in geschmolzenem Zustand als wegspritzender Strahl, könnten die Tektite weiter geschleudert werden. So kann man beispielsweise auf der einen Seite ein Gewehrgeschoß seit eh und je nur bis in eine Entfernung von etwa 8 km schießen, während auf der anderen Seite bei Artilleriegeschossen die größte bisher erreichte Flugweite (1918 bei der Beschießung von Paris) 120 km beträgt. Aber wie sollen nach der Auflösung jener zusammenhängenden großen Masse, die ja irgendwo auf der Flugbahn erfolgen muß, die einzelnen Tektite gefahrlos weiterfliegen? Sie haben ja die gleiche große Geschwindigkeit wie vorher die zusammenhängende Masse, eine Geschwindigkeit, die bei den oben angegebenen Entfernungen mindestens (!) 2 km/sec, 6,5 km/sec oder 7,2 km/sec groß ist. Und wenn die Flugbahn auch zum größten Teil oberhalb der Erdatmosphäre liegen wird, zuletzt müssen die Tektite doch mit ihrer großen Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eindringen.

Man hat auch angenommen, daß die Tektite Kondensationsprodukte der riesigen Gaswolke sind, die der Meteoritenaufschlag verursachte. Warum lagerte diese Gaswolke aber nicht überall um den Aufschlagsort des Meteoriten Tektite ab? Der Fragen werden noch mehr, wenn man bei den irdischen Tektitetheorien auch die mineralogischen Befunde mit ins Spiel bringt. Erst dann löst sich alles, wenn man die Herkunft der Tektite aus dem Mondinnern akzeptiert. -

Zum Schluß sei noch auf die merkwürdigen Ergebnisse der Seismometer hingewiesen, die bei den Mondlandungen stationiert worden waren. Künstlich erzeugte Mondbeben besaßen nämlich eine überraschend lange Lebensdauer. So hielten die Seismometerschwingungen beim Aufschlag der schweren S - IV B Stufe von Apollo 13 über vier Stunden an, verglichen mit etwa drei Minuten bei ähnlichen Aufschlägen auf der Erde.

Zur Erklärung wurden viele Theorien vorgeschlagen. Berr Classen (27) (28) stellte 1970 zur Diskussion, daß die von der Mondentgasung und anderen Vorgängen herührenden Hohlräume dem Mondinnern eine poröse Struktur verleihen und daß sich dieses verlängernd auf die Dauer der Mondbeben auswirkt. Auch nach R.Meißner (29) muß bei den lunaren Oberflächenwellen "eine Art Diffusion oder Streuung ... in der kalten, spröden und porösen Mikrostruktur der

äußeren Schichten ernsthaft in Betracht gezogen werden. Eine solche Struktur ohne Gase oder Flüssigkeiten in den Poren bedingt hohe Elastizität und damit eine nur geringe Absorption seismischer Wellen, wodurch die lange Dauer der Ereignisse, ihr Amplitudenverhalten und die geringe Kohärenz der einzelnen Komponenten verstanden werden kann. Selbst kleinste Risse müssen zu starken Deformationen einer seismischen Wellenfront führen."

Auch eine geröllartige Beschaffenheit des Mondinnern, hervorgerufen durch den Einsturz der Gasblasen-Hohlräume, Spalten und Klüfte sowie durch das vor allem früher unvorstellbar große Meteoritenbombardement in die oberen Mondschichten, würde gut die langen Seismometerschwingungen erklären. Verlagert sich nämlich im Geröll ein Teilchen, so veranlaßt es nach einer bestimmten Zeit seine Nachbar-teilchen, in den entstandenen Hohlraum nachzustürzen. Diese Nachbar-teilchen tun dann ein gleiches mit ihren Nachbar-teilchen, und so zieht eine Erschütterung viele andere Erschütterungen nach sich. Es tritt also, und zwar noch am Ursprungsort der Erschütterungen, eine lange Erschütterungsdauer durch nicht-elastische Verschiebung der einzelnen Materieteilchen ein.

Bei einer porösen Struktur des Mondinnern sollte auch die Geschwindigkeit der seismischen Wellen verhältnismäßig klein sein. Das wird auch tatsächlich beobachtet. Hier die ungefähren Geschwindigkeiten verschiedener Arten von Wellen des Mondes, gemessen in einem größeren Gebiet südlich des Mare Imbrium

(29) (30) :

bis	9 m Tiefe		105 m/sec
über	9 m "	300 -	600 "
1,5 bis	24 km "	2 000 -	5 000 "
24 bis	63 km "		7 000 "
über	63 km "	8 200 -	9 000 "

Die Werte sind also nur repräsentativ für das oben angegebene Gebiet. Vermutlich wird man an anderen Stellen des Mondes erheblich andere Werte erhalten. Bei den Oberflächenwellen (um 9 m Tiefe) wirkt sich wahrscheinlich aus, daß sich die oberste Schicht des Mondes durch das dauernde Meteoritenbombardement in total zertrümmertem Zustand befindet. Die Zunahme der Geschwindigkeit bei den Wellen zwischen 1,5 km und 24 km Tiefe erfolgt allmählich und scheint eine Folge der mit der Tiefe abnehmenden Porosität des Mondes zu sein. Die von der Mond-entgasung herrührenden Gasblasen-Hohlräume werden ja in tieferen Schichten immer seltener. Auch R.Meißner (29) bekennt sich zu einer ähnlichen Auffassung : "Dieser starke Geschwindigkeitsgradient ... in den ersten Kilometern Tiefe ... mag eine Folge der abnehmenden Porosität unter steigendem Druck sein und mit dem Schließen von Spalten zusammenhängen."

In etwa 24 km Tiefe erfolgt in dem Meßgebiet ein plötzlicher Sprung der Geschwindigkeit von 5 000 m/sec auf 7 000 m/sec. Offenbar reicht bis 24 km Tiefe die Basaltschicht des Mondes, während das Mondinnere unterhalb 24 km aus Anorthosit zu bestehen scheint. Ein weiterer Sprung der Wellengeschwindigkeit von 7 000 m/sec auf mindestens 8 200 m/sec tritt in etwa 63 km Tiefe ein. Vielleicht beginnt jetzt die Olivinschicht des Mondes (30). Alle mineralogischen Aussagen über das Mondinnere sind allerdings zur Zeit noch sehr unsicher. Außerdem sei daran erinnert, daß die einzelnen Schichten des Mondes, insbesondere der "Mondmantel" und die "Mondkruste", nach den Ergebnissen der Apollo 17 - Mission auf der Mondvorderseite andere Dicken besitzen als auf der Mondrückseite.

Wie auf der Erde die Geschwindigkeit seismischer Wellen von der Bodenbeschaffenheit abhängt, zeigt folgende Übersicht (17) :

Holozänes Schwemmland		200 m/sec
Kies, Schotter	600 -	800 "
Sandstein		2 500 "
Kristalline Gesteine	5 000 -	5 600 "

Interessant wäre in diesem Zusammenhang die Geschwindigkeit irdischer seismischer Wellen innerhalb von Bimsstein gewesen, doch ist diese Geschwindigkeit noch nicht bekannt. -

Abschließend sei festgestellt, daß sich durch Überlegungen über die Mondentgasung viele bisher unerklärte Beobachtungstatsachen deuten lassen. Insbesondere führen derartige Überlegungen zu neuen Erkenntnissen über das Innere des Mondes. Deshalb sollte die Mondentgasung, und zwar sowohl die heutige als auch die frühere, mehr als bisher in die Erörterungen über den Mond einbezogen werden.

L i t e r a t u r

- (1) NASA, Information Sheet, Lunar Features : Reported Activity,
January 15, 1968
- (2) Hopmann, J.: Sitz.-Ber.Österr.Akad.Wiss.,II, 174 (1965) 629
- (3) v.Bülow, K.: Die Mondlandschaften, Mannheim 1969
- (4) Classen, J.: Veränderungen auf dem Mond, Pulsnitz 1969 = Veröff.
Sternw.Pulsnitz 5 = Die Sterne 44 (1968) 141 und 45 (1969) 9 =
Flares on the Moon (gekürzt), American Astronautical Society,
Science u. Technol., 25 (1971) 247
- (5) Heuseler, H.: Chronik der Moonblinks, Frankf.Allg.Ztg. 5.8.1970
- (6) NASA, Chronological Catalogue of Reported Lunar Events,
TR R - 277, 1968
- (7) Günther, O.: Die Sterne, 42 (1966) 1
- (8) NASA, Operation Lion. Report For Network Alert During Apollo 12,
6. January 1970
- (9) NASA, Operation Lion. Report For Network Alert During Apollo 13,
8. June 1970
- (10) Moore, P.: Journal of the British Astronomical Association,
August 1971
- (11) NASA, Transient Lunar Phenomena Reports From The Lunar International
Observers Network During The Apollo 12 Mission, 19 December 1969
p.46, Cambridge, Mass.
- (12) Cameron, W.S. and J.J.Gilheany, Icarus 7 (1967) 38
- (13) Classen, J.: Gase auf der Mondoberfläche ? Pulsnitz 1970 =
Veröff.Sternw. Pulsnitz 8
- (14) Middlehurst, B.M. and P.A.Moore:Science 155 (1967) 449
- (15) Cameron, W.S.: Comparative Analyses of Observations of Lunar
Transient Phenomena, Greenbelt 1971, V u. 67
- (16) Green, J.: XXIII Intern.Geol.Congr. Vol. 13 (1968) 53 - 74
- (17) Hdw. d. Naturw. Jena 1933, 1934, 1935. II, 542. III, 733.
V, 486. VI, 121, 895. X, 326, 331, 332.
- (18) Murawski, H.: Geologisches Wörterbuch, Stuttgart 1963, 44
- (19) Rittmann, A.: Vulkane und ihre Tätigkeit, Stuttgart 1960, 250

- (20) Haalck, H.: Lehrbuch der angew. Geophysik, Berlin-Nikolassee 1958 II, 206
- (21) v.Engelhardt, W.: Verhandl. Schweiz. Naturf. Ges., Zürich 1970, 83
- (22) Anderson, D.H. und Mitarb.: Science, 165 (19.9.1969) 3899, 1211
- (23) Autorenkollektiv: Physik u.Geochemie des Mondes, Heidelberg 1972, 16
- (24) Wänke, H.: Fortschritte chem. Forsch. 44 (1974) 137
- (25) Classen, J.: Mondvulkanismus und Perlstein als Ursachen der Tektiteschauer. Pulsnitz 1969 = Veröff.Sternw. Pulsnitz 6
- (26) Classen, J.: Die Entstehung der Tektite. Pulsnitz 1967 = Veröff. Sternw.Pulsnitz 2
- (27) Classen, J.: Sky and Telescope, 39 (1970) 4, 238
- (28) Classen, J.: Die Sterne, 46 (1970) 1, 24/25
- (29) Meißner, R.: 71 (1971) 111/2. 71 (1971) 885
- (30) Page, T.L.: Sky and Telescope, 43 (1972) 221/2

Fremdsprachige Ausgaben

Obige Arbeit erschien bereits in Astronomy and Space 2 (1972) 2, 110 - 132 unter dem Titel "The Degassing of the Moon" sowie in АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК VII (1973) 4, 207 - 212; VIII (1974) 1, 29 - 34 und VIII (1974) 2, unter dem Titel "ДЕГАЗАЦИЯ ЛУНЫ" Sonderdrucke in Englisch und Russisch wurden in Newton Abbot (England) und in Moskau herausgegeben.

Die Anschrift des Autors dieses Diskussionsvortrages lautet:

J. C l a s s e n , DDR-8514 Pulsnitz, Sternwarte

Die Sitzung schließt um 21.20 Uhr.

Gez. Flöting, gez. Giebler, gez. Illgen, gez. Kowalec, gez. Stadler,
gez. K u n e r t

Die nächste Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER findet

am Montag, d. 9. September 1974, um 20 Uhr

im Hörsaal der Wilhelm-Foerster - S t e r n w a r t e (auf dem Insulaner) statt.

- - - - -

Die starke Erhöhung der Portokosten bringt eine außerordentlich starke Belastung unseres Etats mit sich. Wir bitten deshalb alle Mondfreunde, die an der Zusendung unseres Protokolls interessiert sind, uns nachstehenden Abschnitt zuzusenden.

Alle Mondfreunde, die in der Lage sind, einen kleinen Beitrag zu den Druck- und Portokosten zu leisten, bitten wir, einen entsprechenden Betrag auf unser Postscheck-Konto Berlin-West Nr. 803 40-106 zu überweisen mit dem Vermerk "Portokosten für Mondprotokoll".

(Hier abtrennen)

.....

Ich bin zukünftig an der Zusendung des Mondprotokolls interessiert und bereit, einen Portokostenzuschuß von jährlich DM zu zahlen.

Bitte in Druckschrift:

.....

.....
(Name, Anschrift u. Mitgl.Nr.)

Ich bitte um weitere Zusendung des Mondprotokolls und bin leider n i c h t in der Lage, einen Portokostenzuschuß zu überweisen.

Bitte in Druckschrift:

.....

.....
(Name, Anschrift u. Mitgl.Nr.)

Ich bin an der weiteren Übermittlung des Mondprotokolls n i c h t mehr interessiert und bitte, die Zusendung einzustellen.

Bitte in Druckschrift:

.....

.....
(Name, Anschrift u. Mitgl.Nr.)