©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Probleme der Mondforschung.

Von Univ.-Prof. Dr. Josef Hopmann.

Vortrag, gehalten am 16. Jänner 1952.

Vier Wissenschaften sind es, die sich zur Erforschung der Erde gegenseitig die Hände reichen: Die Geographie beschreibt ihre Oberflächenformen, die Geodäsie liefert uns Figur und Größe der Erde, alle Kartenunterlagen von den großräumigen bis zu den Einzeldarstellungen, die Geophysik erforscht die Zustände der festen, flüssigen und gasförmigen Teile des Erdkörpers (Erdbebenkunde, Erdmagnetismus, Ozeanographie und Meterologie), die Geologie versucht die Geschichte des Erdkörpers zu ergründen. Ähnlich können wir bei der Mondforschung unterscheiden: Die Selenographie, die uns die Beschreibung der Mondformationen angibt. Zur Herstellung verläßlicher Mondkarten sind aber Präzisionsmessungen auf dem Monde erforderlich, die man nach Theorie und Beobachtung als Selenodäsie zu bezeichnen hätte; die modernen astrophysikalischen Arbeitsweisen führen in ihrer Anwendung auf den Mond zur Selenophysik. Als Ergebnis aller drei Forschungsarten wird man dann in der Selenologie versuchen, sich ein Bild von der Gesichchte des Mondes zu machen. Was

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hierin erreicht ist und welche Fragen noch offen stehen, sei in Kürze geschildert.

In den letzten 200 Jahren haben die Selenographen hervorragende Kartenwerke und Einzelbeschreibungen der Mondoberfläche geliefert. Für den Kenner stellt sich dabei heraus, daß die prächtigen amerikanischen und Pariser Mondphotographien, soviel Einzelheiten sie auch bringen mögen, doch nie völlig die minutiöse Einzelforschung mit dem Auge am Fernrohr ersetzen können. Allerdings gehört dazu jahrelange geduldige Arbeit. An Forschernamen sind in erster Linie zu nennen: Mädler in Berlin, Schmidt in Olmütz und Athen, Krieger in Pola, Fauth in Landstuhl (Pfalz), König in Wien sowie ein weiterer Liebhaberastronom, Ministerialrat Müller vom Wiener Finanzministerium. Im Laufe der Jahrhunderte sind zahlreiche Mondgebilde mit Namen belegt worden, die teils der irdischen Geographie entlehnt wurden (Apenninen, Kaukasus usw.), teils nach hervorragenden Astronomen (Ptolemäus, Kopernikus usw. bis hin zu Gauß, Herschel und die Mondforscher bis etwa 1900). Zusammen mit Miss Blagg hat Müller im Auftrage der Mondkommission der Internationalen Astronomischen Union die endgültige Benennung der Mondformationen in einem Atlas und Tabellenwerk niedergelegt, das an die 4000 Objekte enthält. So bleibt heute in der Selenographie im wesentlichen nur feinste Detailarbeit zu tun übrig.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ganz anders ist es in der Selenodäsie. Die Grundlagen aller Koordinaten auf dem Monde gehen auch heute noch zurück auf die Arbeiten von Mädler in Berlin (um 1830), Wichmann (um 1850) und vor allem Julius Franz (um 1890 in Königsberg, später bis 1910 in Breslau). Den Abschluß der Theorie der Mondrotation und die fundamentalen Messungen zur Ermittlung der Rotationsgesetze lieferte F. Hayn (Leipzig 1890 bis 1928). Hinzu kommen noch die Auswertungen photographischer Platten durch Franz in Breslau und Saunder in England um 1910. Insgesamt sind so heute rund 4000 Punkte der Mondoberfläche trigonometrisch exakt vermessen. Sie geben natürlich die Grundlage für alle modernen Mondkarten.

Aufgabe der irdischen Vermessungsarbeiten ist es auch, die Höhen und Tiefen aller Geländeformationen zu ermitteln. In dieser Art ist auf dem Monde heute noch ein sehr großes Arbeitsfeld, das allerdings viel Idealismus verlangt. Große überraschende Neuentdeckungen sind kaum zu erwarten, dazu verlangt die Bearbeitung aller Messungen auf dem Monde äußerst mühselige Rechenarbeit. Man kann ansetzen, daß eine Stunde Mikrometermessungen am Fernrohr zwei bis drei Tage Rechnens bedingen. So ist es in gewisser Weise zu verstehen, daß unser Wissen um die Höhen einzelner Mondformationen auch heute noch zu über 80% den Beobachtungen von Mädler und Schmidt aus der Zeit vor

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

über 100 Jahren zu verdanken ist. Sie schlossen aus der Länge des Schattens einzelner Mondberge auf die relative Höhe dieser gegenüber ihrer Umgebung. Hieraus und aus ergänzenden Beobachtungen von Fauth ergab sich, daß die Ringformationen auf dem Monde, die sogenannten Mondkrater, durchgängig ganz außerordentlich flache Gebilde sind. Ringgebirge von 60 und mehr Kilometern Durchmesser sind keine Seltenheit. Ihre Wälle steigen aber von außen meist nur bis zu einem oder zwei Kilometern an und auch die Eintiefungen betragen selten über vier Kilometer. Die Mondformationen dieser Art gleichen also mehr einer Torte, die einen flachen Rand hat, der aber durch Ungeschick beim Backen nach außen flach verläuft. Die kleinen und kleinsten Krater sind zwar relativ stärker eingetieft, gleichen aber auch nur höchstens flachen Untertassen.

Sehr wenig wissen wir dagegen bis heute über die absoluten Höhenverhältnisse des Mondes. Da der Mond keinerlei Meeresoberfläche hat, kann man nur versuchen, alle Höhen relativ zum mittleren Mondradius zu bestimmen, ein meßtechnisch recht schwieriges Problem. Für die randnächsten Partien hat F. Hayn diese Frage in vorbildlicher Weise gelöst. Auf Grund von über 12.000 Messungen zahlreicher in Leipzig gemachter Mondaufnahmen konnte er eine detailreiche Höhenschichtenkarte der Randlandschaften veröffentlichen. Die Genauigkeit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der einzelnen Höhenangaben beträgt dabei ± 400 Meter. Kennzeichnend für Hayns Ergebnisse ist folgendes: In der Nähe des Südpoles des Mondes und auch noch an einigen anderen Stellen gibt es langgestreckte, mächtige Gebirgszüge, teilweise parallel verlaufend, sodaß man z. B. an Schwarzwald und Vogesen erinnert wird oder aber auch an Teile der Kordillieren. Die größten Höhen gehen bis zu 6—8 Kilometer. Vor allem aber gibt Hayns Karte ausgedehnte Hoch- und Tiefflächen. Sie erstrecken sich über Tausende von Quadratkilometern, beide Arten von Gebilden kommen etwa gleichhäufig vor und liegen teilweise mehrere Kilometer über oder unter dem mittleren Niveau. Dagegen ist kein einziger der bekannten Mondkrater auf Hayns Karte wiederzufinden. Die bei der Betrachtung am Fernrohr oder von Photographien so auffälligen Ringformen haben tatsächlich viel zu geringe Wallhöhen, um in der großräumigen Morphologie noch eine Rolle zu spielen.

Nicht so gut wie am Rande des Mondes sind wir über die Höhenverhältnisse in der Mitte der Mondscheibe orientiert. Immerhin gibt es auch da schon einige vielversprechende Ansätze. Prof. Franz in Breslau hatte seinerzeit genügend ausführlich die Messungen veröffentlicht, die er an fünf photographischen Aufnahmen zur Ortsfestlegung von 150 trigonometrischen Punkten dritter Ordnung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auf dem Monde gemacht hatte. Der Vortragende hat diese in geeigneter Weise einer neuen Bearbeitung unterzogen und so für diese Punkte absolute Höhen (relativ zum mittleren Mondrande) ermittelt. Diese bewegen sich von etwa + 10 Kilometern im Südwest-Quadranten der Mondscheibe bis zu etwa — 6 Kilometern im Nordosten. Ferner hatte G. Ritter 1935 eine vorläufige Höhenschichtenkarte des Mondes veröffentlicht, wobei er in geeigneter Weise den Verlauf der tatsächlichen Lichtgrenze mit der theoretischen verglich. Auch er kommt zu ähnlichen, nur noch etwas größeren Werten wie Franz, nämlich 15 Kilometern (!) für die tiefste und 17 Kilometern für die höchste Stelle des Mondes. Wohlgemerkt, es handelt sich dabei nicht um markante Bergspitzen oder tiefste Stellen in Kratern oder dgl. Vielmehr wurden in beiden Fällen scheinbar unauffällige Stellen zum Einmessen benutzt. Aus all dem ist ersichtlich, daß der Mond zwar in erster Näherung eine Kugel ist, daß seine Oberfläche aber äußerst unregelmäßig gestaltet aus weit ausgedehnten Hoch- und Tiefebenen besteht, auf die die Ringformen (Krater) als Sekundärerscheinungen aufgesetzt sind. Interessant ist ferner eine Untersuchung des Vortragenden, wonach im Durchschnitt die dunklen Stellen auf dem Monde, die sogenannten „Meere“ in keiner Weise tiefer liegen als die „Kontinente“. Einzelne Mare erweisen sich sogar als stark geneigte Flächen. Man kann sie also schwerlich,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

trotz ihres scheinbar so ebenen Aussehens, als durch Erstarrung geglättete Magmamassen auffassen. Auf der Wiener Sternwarte wurde begonnen, die Folgerungen aus den Messungen von Franz und Ritter durch neue Beobachtungen zu überprüfen. Vorläufig kann dazu nur gesagt werden, daß sich dabei größenordnungsmäßig etwa das Gleiche ergeben hat.

So viel zur modernen Selenodäsie und ihren Problemen. Hier sind noch viele Messungen nötig und erst recht umständliche Rechenarbeiten. Wir kommen nun zur Selenophysik. Die sonst in der Astronomie so fruchtbare Spektralanalyse kann hier nichts Neues sagen, da das Mondlicht ja ausschließlich reflektiertes Sonnenlicht ist. Anders ist es mit der Photometrie. Aus dem Vergleich der Helligkeiten von Sonne und Vollmond wissen wir schon seit Zöllner (1870), daß die Reflexionsfähigkeit der Mondoberfläche außerordentlich niedrig ist, daß diese in Wahrheit nur grauschwarz ist und das lieblich silberne Mondlicht eine physiologische Täuschung. Die Einzelphotometrie des Mondes hat vor allem Schoenberg in Dorpat, jetzt in München, gefördert. Danach muß die Mondoberfläche bis in ihre Kleinstformen hinein, die nicht mehr im Fernrohr als Einzelheiten erscheinen, voller Vertiefungen sein, gewissermaßen porös wie ein Gummischwamm. Die Reflexionsfähigkeit der Oberfläche erinnert insbesonders nach den Untersuchungen von Wilsing

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

an die irdischen vulkanischen Gesteinsproben. Entscheidend für das Bild, das wir uns von der Mondoberfläche zu machen haben, waren dann die Polarisationsmessungen des hervorragenden französischen Astrophysikers L y o.t. Auch er kommt auf Material, wie wir es von unseren Vulkanen her kennen. Dieses muß aber nicht mehr aus mehr oder weniger groben Stücken bestehen, sondern aus fein pulverisierter Asche. Mit ihr müssen wir uns also die gesamte Mondoberfläche, Höhen und Täler, bedeckt vorstellen.

Diese Ansicht hat eine volle Bestätigung gefunden in den Temperaturbestimmungen, die man für die Mondoberfläche unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen gemacht hat. Es erreicht nämlich die Mondoberfläche bei Vollmond in der Mitte der Mondscheibe eine Temperatur von rund + 100 Grad Celsius, die aber bei Fortfall der Sonnenstrahlung auf weniger als — 100 Grad absinkt. Dies findet nicht nur im regelmäßigen monatlichen Rhythmus statt, sondern auch dann, wenn bei einer totalen Mondfinsternis auch nur für Stunden das Sonnenlicht an einer einzelnen Stelle der Mondoberfläche von der Erde verdeckt wird. Der Temperatursturz erfolgt im Laufe der ersten Stunde bis zum Eintritt der Totalität. Während dieser sinkt die Temperatur weiterhin ab bis auf — 70 Grad Celsius, um nach Ende der Totalität in wenigen Minuten schon wieder etwa auf Null Grad Celsius zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kommen und eine Stunde später wieder den alten Wert zu erhalten. Es gibt nun kein Material auf der Erde, das unter normalen Bedingungen gleiche extreme Wärmeeigenschaften aufweist. Wie der Holländer Wesselink an Hand von Versuchen russischer Physiker zeigen konnte, ist dies aber möglich bei pulverisiertem Material im Hochvakuum, wenn eben die temperaturschützende Luft entfernt ist. Nach Wesselink dringt die enorme Temperaturschwankung während einer Finsternis nur wenige Millimeter (!) in die Oberfläche ein und im übrigen ist die gesamte Mondoberfläche bedeckt mit einem Pulver, dessen Körner etwa zwischen $^1/_3$ und $^1/_{10}$ Millimeter Durchmesser haben.

Erst wenn wir die Ergebnisse der Selenographie, der Selenodäsie und Selenophysik zusammenstellen, können wir versuchen, Aussagen über die Geschichte des Mondes zu machen. Da ist zunächst die Frage seines Ursprunges. Zwei Hypothesen stehen einander gegenüber. Nach der einen soll er irgendwie ein Kind der Erde sein, nach der anderen von ihr eingefangen. Meines Erachtens haben das entscheidende Wort hierin Vertreter der mathematischen Himmelsmechanik zu sprechen. Es haben sich aber da seit Jahrzehnten alle ernsthaften Kosmogoniker dagegen gewandt, im Mond einen Abkömmling der Erde zu sehen. Die Gedankengebilde, die man sich über diesen Werdegang gemacht hat,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

haben sich alle als mathematisch nicht haltbar erwiesen. Aber auch der Einfanghypothese standen, wenigstens in früherer Zeit, ernste Schwierigkeiten gegenüber. Sie dürften jetzt durch die Untersuchungen des russischen Theoretikers Schmidt beseitigt sein. Er konnte zeigen, unter welchen Bedingungen sich zwei selbständige Himmelskörper bei einer genügend nahen Begegnung wechselseitig einfangen können, wenn noch eine weitere überragende Masse ein dominierendes Schwerefeld verursacht, also für den Fall Erde—Mond die Sonne. Dabei kann der Mond u. U. auch älter sein als die Erde, wie dies u. a. in einer der modernsten Kosmogonien des Sonnensystem sich ergibt, die Alvén in Stockholm entwickelt hat. Die Annahme liegt nahe, wenn sie sich auch nicht beweisen läßt, daß der so kleine Mond im Augenblick des Einfangens schon zu seiner heutigen Form erstarrt war. Dann sind die oben nachgewiesenen großen Höhenunterschiede irgendwie ein Produkt seines Werdeganges vor der Vereinigung mit der Erde. Im übrigen wird gerne bei kosmogonischen Betrachtungen von einem Flutberg gesprochen, den der Mond nach seiner Erstarrung auf die Erde zu gerichtet aufweisen müßte. Aus den selenodätischen Messungen von Hayn ergeben sich nun auch in Verbindung mit der zugehörigen Rotationstheorie die Verhältnisse der drei Hauptträgheitsmomente des Mondes. Diese gut gesicherten Zahlen stehen aber im krassesten Widerspruch zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einer derartigen Fluthypothese, so daß diese hoffentlich bald aus der Literatur verschwinden wird. Angesichts der großen Unregelmäßigkeiten seiner Oberfläche darf es auch nicht wundern, daß, wie gleichfalls aus Positionsbestimmungen des Mondes nachgewiesen wurde, der Schwerpunkt des Mondes ungefähr einen halben Kilometer südlicher liegt als der geometrische Mittelpunkt der Kugel. Der Mond steht seiner ganzen Struktur nach, wie Dr. Widorn von der Wiener Sternwarte vor einiger Zeit gezeigt hat, als fünfter Planet am Ende der Reihe: Erde — Venus — Mars — Merkur — Mond.

Wie mögen nun wohl die Oberflächenformen des Mondes entstanden sein, vor allem die zahllosen Ringgebilde? Auch hier stehen sich heute zwei Ansichten unentschieden gegenüber. Die einen plädieren für vulkanischen Ursprung, die anderen sehen in der Mondoberfläche das zerschossene Trichterfeld eines Bombardementes von kleinen und großen Meteoren, bis hin zu Objekten von der Größe der winzigsten Planetoiden, ein Bombardement, das seit mehr als einer Milliarde Jahre erfolgt ist. Für beide Hypothesen haben sich in den letzten Jahren namhafte amerikanische Geologen eingesetzt. Persönlich glaube ich, daß in Wahrheit beide Arten physikalischer Vorgänge auf dem Monde eine Rolle gespielt haben, nur dürften die vulkanischen Erscheinungen von geringerem Einfluß gewesen sein. Die Gegner der Aufsturztheorie haben bisher wohl meist die ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

waltige kinetische Energie unterschätzt, die beim Aufsturz eines auch sehr kleinen Himmelskörpers auf dem Monde umgesetzt wird. Sternschnuppen von einem Gramm Masse, aber 50 km/sec Geschwindigkeit haben die gleiche Wirkung wie eine Flakgranate von 2,5 kg Gewicht. Diese Kleinkörper haben die Mondoberfläche pulverisiert. Wenn alljährlich schon ungezählte Millionen Sternschnuppen zur Erde fallen, was ist dann erst mit dem Monde in Milliarden Jahren passiert? Der Aufsturz größerer Meteore, die Löcher von einem Kilometer und mehr Durchmesser reißen, ist in 10.000 Jahren nur einmal zu erwarten. Wir werden also Veränderungen auf dem Monde an Hand von Photographien kaum jemals feststellen können. Auf der anderen Seite mehrt sich von Jahr zu Jahr die Zahl derjenigen Objekte, die auf der Erde als Meteorkrater anzusprechen sind, die aber alle in vorgeschichtlicher Zeit entstanden.

Alles in allem glaube ich, daß das Bild, das wir uns vom Monde und seinen Verhältnissen zu machen haben, sich gerade durch das Eingreifen der Selenodäsie und Selenophysik in den letzten Jahren gegenüber den früheren Anschauungen nicht unmerklich gewandelt hat. Wenn wir aber schon über die Entstehung und Lebensgeschichte unseres nächsten Nachbarn uns noch so in mancher Beziehung im Unklaren sind, dann wird man erst recht allen alten und neuen Kosmogonien gewiß mit größtem Interesse, aber doch abwartend, gegenüberstehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: 92

Autor(en)/Author(s): Hopmann Josef

Artikel/Article: Probleme der Mondforschung. 71-82