

# WILHELM FOERSTER STERNWARTE E. V. MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

BERLIN 41 Munsterdamm 90 Insulaner Ruf: 796 20 29

## Protokoll

der

220. Sitzung

GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER

1977 Dezember 12

Beginn: 20.05 Uhr.

Es sind erschienen die Damen Amersdorffer, Gärtner, Hessdörffer, Schmitz, Zeuschner sowie die Herren Beneke (Stuttgart), Buerke, Freitag, Giebler, Hänig, Jechow, Kummrow, Kunert, Kunze, Kуска, Neugebauer, Neye, Paech, Reinsch, Schulz, Skarzynski, Sydow und Völker.

Herr Kunert eröffnet die Sitzung, begrüßt die Anwesenden und gibt die Tagesordnung bekannt:

- Verlesen von Zuschriften
- 2 Berichte über die Marsmonde
- Verschiedenes

Vor Beginn der Verlesung fragt Herr Buerke, ob etwas über die Abweichung des Mondes von der Kugelgestalt bekannt sei. Auch unser Mond müsse doch durch Gezeitenwirkung eine Verlängerung in Richtung zur Erde aufweisen. Herr Kunert verweist darauf, daß über die Abweichung des Mondes von der Kugelgestalt schon in früheren Sitzungen gesprochen worden sei (die "Birnenförmigkeit des Mondes"). In der Zeitschrift THE MOON seien ausführliche Abhandlungen darüber zu finden.

Dann befaßt sich die Versammlung kurze Zeit mit einer Zuschrift von Ing. Wilhelm Weigel, der die Frage stellt, ob die HELLEN STRAHLEN auf dem Mond auch schon als Einschläge von Kometen gedeutet wurden. Es wird festgestellt, daß zumindest für TYCHO solche Überlegungen angestellt worden sind. Das schließt nicht aus, daß Herr Weigel seine Ideen durchaus einmal formulieren sollte und zur Diskussion stellen.

Eine Anfrage von Hellmuth Vogel beschäftigt dann die Versammelten. Herr Vogel hatte Ausschnitte aus der Zeitschrift "Heim und Welt" Nr. 37 zugeschickt, in der die Behauptung aufgestellt wurde, daß vor den Astronauten fremde Wesen auf dem Mond waren. Die Versammelten stellen fest, daß ein Zeitungsbericht dieser Art für eine sinnvolle Diskussion ungeeignet ist. Es wird nicht einmal der exakte Titel des Buches, Verlag und Erscheinungsjahr und -ort angegeben. In der Versammlung fällt das Wort "Neodäniken" für Herrn Leonard, dem Verfasser des zitierten Buches. Eine ernsthafte Diskussion der Thesen erscheint unsinnig.

Herr Kunert stellt dann fest, daß erfreulicherweise auch ein Beobachtungsbericht von Herrn Wolfgang Beyer, Alter Postweg 11 in 2901 Huntlosen (Oldenbg.) vorliegt, den er anschließend verliest. Herr Beyer schreibt:

"Beobachtungen der sog. "Mersenius III Rille"

Ein Gebiet, das in meinem Beobachtungsprogramm in den letzten 10 Jahren eine besondere Bedeutung hatte, war die Gegend westlich Mersenius, speziell die drei großen Rillen, die von SO nach NW verlaufen und von diesen wiederum die mittlere (auf Lac 93) als Mersenius III bezeichnet. Angeregt wurde ich zu dieser Beobachtungsserie durch die Mondprotokolle Nr. 122 (S. 5), Nr. 123 (S. 3) und Nr. 125 (S. 1) mit den Skizzen von Goodacre und Barker sowie der Zeichnung von Gruithuisen.

Es wurde an 12 Abenden beobachtet, immer in Terminatornähe bei "Morgenlicht" mit Newton-Reflektoren von 17 cm und 22,5 cm Öffnung. Allerdings waren nur 2 Abende dabei, die feinere Detailbeobachtungen zuließen. Im Gegensatz zu der östlich liegenden Mersenius-I-Rille (Lac 93) und der westlich gelegenen Liebig-I-Rille scheint die Mersenius-III-Rille mehr eine Kraterkette zu sein, als eine Rille mit geraden Ufern. Die Mersenius-III-Rille verläßt den Nordrand von Mersenius D in dem kleinen Krater Mersenius EA (OA+), zeigt in ihrem Verlauf nach NW zwei kraterähnliche Aufbauchungen, durchläuft dann den östlichen winzigen Krater eines Kraterpaares und tritt dann östlich an den kleinen Krater Mersenius CA (OA) heran. Der weitere Verlauf nach NW ist dann offenbar nicht mehr kontinuierlich. In Augenblicken absoluter Luftruhe taucht eine Menge schwer zu definierender Details auf, aus dem sich zwei winzige Kraterchen besonders herauskristallisieren. Die Rille endet dann an dem in das Mare humorum hineinragenden Bergmassiv. Bemerkenswert ist hierbei, daß auch Lohrmann keine Fortsetzung der Rille von dem Krater Mersenius CA (OA) nach NW gesehen hat.

Ergänzende Bemerkungen: Im Orbiter-Atlas ist die Mersenius-III-Rille mit II bezeichnet und der ungefähre Verlauf lediglich im südlichen Teil gestrichelt dargestellt. Leider ist die Bezeichnung Mersenius-III-Rille auf die westliche Rille angewandt, die auf Lac 93 Liebig-I-Rille heißt und doch wohl nur in ihrem mittleren Verlauf eine wirkliche Rille verkörpert, im südlichen Teil aber wie im Orbiter-Atlas ziemlich gut erkennbar ein nach Westen abfallender Geländebruch ist (Rupes Liebig) nach Art der "Langen Wand", im nördlichen Teil dagegen ein Abfall nach Osten zu sein scheint. Zusammenfassend kann wohl festgestellt werden, daß von den drei im Ostrand des Mare humorum von SO nach NW verlaufenden Rillen nur die östliche Mersenius-I-Rille (Lac 93) die Bezeichnung "Rille" wirklich verdient.

OA = Orbiter Atlas s. Fußnote 3.

#### Literatur:

- 1.) GBM Protokolle 122, 123, 125.
- 2.) Karte Lac 93.
- 3.) Atlas and Gazetteer of the near side of the moon (NASA 1971)  
Seite 259, 260, 271.
- 4.) Times Atlas S. 79.
- 5.) Lohrmann Mondcharte Sect. XX.
- 6.) Wilkins "The Moon" Sect. XX. - "

Herr B e y e r wird gebeten, seine beiden Skizzen auf ein DIN-A 4-Blatt möglichst kräftig kopierfähig umzuzeichnen, damit einem späteren Mondprotokoll eine Kopie beigelegt werden kann.

Herr K u n e r t stellt dann fest, daß die MARSMONDE die Versammelten schon intensiv beschäftigt haben, daß es aber sinnvoll ist, diese bestbekannten Kleinkörper unseres Sonnensystems weiterhin genauer kennenzulernen. Auf der VdS-Tagung in Darmstadt am 10./13.11.1977 hat Herr Dr. Jürgen B l u n c k, Kiel Modelle der Marsmonde P h o b o s und D e i m o s vorgeführt und erläutert. Seine Ausführungen hat er für die GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER folgendermaßen kurz zusammengefaßt:

" 95 Jahre nach ihrer Entdeckung durch Asaph Hall hatten die beiden Marsmonde das Geheimnis ihrer äußeren Gestalt preisgegeben; erstmals konnte auf Fotos die Form von kleinen Himmelskörpern untersucht werden. Und genau 100 Jahre nach der Entdeckung liegen nicht nur Fotos von selbst kleinsten Details dieser Monde vor, sondern auch erste Modelle, die im Maßstab 1:60 000 hergestellt worden sind.

Diese Modelle veranschaulichen, daß es sich bei den Marsmonden nicht einfach um dunkle unförmige Brocken mit Einschlagskratern handelt. Obwohl Höhenunterschiede bis zu 20% des Radius festzustellen sind, haben sie jedoch beide aus himmelsmechanischen Gründen eine sehr ausgeprägte Grundform, nämlich die eines dreiaxigen Ellipsoids.

haben - wie alle natürlichen Satelliten - eine synchrone Rotation, wobei der Submars die größte Ausdehnung hat und die Nordsüdachse die kleinste.

Die Maße für den größeren, inneren Mond lauten: Submarsachse 27 km, Ostwestachse 21,4 und Nordsüdachse 19,2 km.

Diese Kenntnisse verdanken wir den 1971 von Mariner 9 übermittelten 27 Fotos von verschiedenen Seiten des Phobos. Als 1975 zu den Bildern auch die Daten über die Positionswinkel der Sonne, der Raumsonde usw. veröffentlicht wurden, war es sogar möglich, ein Modell des Phobos herzustellen.

Zwei Punkte ließen indessen dies Unternehmen als ein Wagnis erscheinen:

1. waren 30% der Oberfläche auf keinem der Fotos zentral erfaßt worden,
2. waren doch in absehbarer Zukunft detailliertere Fotos von den Viking-Orbitern zu erwarten.

Andererseits war es 1. ein unerträglicher Gedanke, mit der so verlockenden wissenschaftlichen Aufgabe noch viele Jahre zu warten, 2. war ein Modell doch geeignet, bei der Auswertung der Viking-Bilder wertvolle Dienste zu leisten.

Ein anerkannter Spezialist, Ralph TURNER von der Rock Creek Experimental Station in Oregon, USA, ist daher auf meinen Vorschlag eingegangen, ein Modell des Phobos herzustellen.

Ich will nun kurz schildern, wie TURNER bei seiner Arbeit vorgegangen ist. Zunächst mußte ein Studio mit besonderer Lichtquellenanordnung eingerichtet werden, um den Sonnenstand und die Sondenposition zum Zeitpunkt der Entstehung der einzelnen Fotos jederzeit simulieren zu können.

In die Oberfläche des Gipsmodells in der Mitte des Raumes wurde ein Netz aus gleichseitigen Dreiecken und - im fortgeschrittenen Stadium - ein Gradnetz eingezeichnet. Die 1975 zu den Bildern angegebenen Koordinaten waren nur mittelbar von Nutzen, denn deren kritiklose Übernahme hätte zu Lücken bzw. Überschneidungen geführt. Die letzten Unebenheiten wurden durch den Vergleich der Marinerfotos mit immer neuen Polaroidaufnahmen des Modells ausgemerzt. Fotografiert wurde peinlich genau im Maßstab 1:100.

Der fertige Abguß aus mit Glasfaser verstärktem Polyesterharz weist 260 Krater in verschiedensten Formen auf. TURNER ist es damit gelungen, die bei der Bildwertung im Auftrag der NASA festgestellte Zahl mehr als zu verfünffachen.

Das Auflösungsvermögen von Mariner 9 erlaubte die Identifizierung von Gebilden ab 200 m  $\phi$ , das der Viking-Sonden läßt Gebilde größer als 10 m erkennen. Doch viele erst jetzt einwandfrei erkennbare Krater sind auf dem Modell bereits richtig platziert worden.

So konnte TURNER auch als erster aus einer Kraterstatistik Rückschlüsse auf das geologisch hohe Alter des Phobos ziehen, denn nur 6 der 260 Krater zeigen ausgesprochen scharfe, ununterbrochene Wälle mit glattem Boden.

TURNER hat auch nachgewiesen, daß der Durchmesser des größten Kraters STICKNEY in der Literatur unterbewertet ist. Er berechnete ihn mit genau 11 120 m, die Tiefe mit 960 m. Der zweite Riesenkrater, der südpolare HALL ist nach seiner Berechnung 5936 m breit, 942 m tief.

Impacts von der Gewalt von 10 000 und mehr Hiroshimabomben haben Krater von der Größe des ganzen bzw. des halben Radius und eine den halben Himmelskörper umschließende Narbe gerissen, seine innere Struktur aber fest gefügt belassen.

Nur die äußere Schicht ist nicht kompakt. Polarisationsmessungen lassen auf dunkles Pulver schließen, ebenso Messungen der infraroten Strahlung, die eine schnelle Aufheizung der Oberfläche nach dem Passieren der Nachtseite des Mars ergeben hat.

Es leuchtet ein, daß diese Regolithschicht aus jenem Schutt besteht, der bei den Impacts die für das Entweichen notwendige Fluchtgeschwindigkeit nicht erreicht hat und daher zurückgefallen ist. TURNER hat mit diesem neutralen erdfarbenen Grau einen angemessenen Farbton für die Oberfläche gewählt.



Ich möchte nun auf dies Modell des äußeren, kleineren Marsmondes DEIMOS übergehen, das ebenfalls im Maßstab 1:60 000 hergestellt worden ist. Bei der Grundform handelt es sich wieder um ein dreiachsiges Ellipsoid mit einer Submarsachse von 15 km, einer Ostwestachse von 12 km und einer Nordsüdachse von 11 km.

Ich habe dies Vergleichsobjekt zu dem Phobosmodell angefertigt, obwohl auf den insgesamt 9 Mariner-Bildern nur 30% der Oberfläche - hauptsächlich diese dem Mars zugekehrte Seite - erfaßt worden waren, und obendrein nie näher als aus 5000 km Entfernung.

Immerhin sind hier sehr markante Strukturen zu erkennen, der scharfkantige, also geologisch junge Krater SWIFT und der größere erodierte Krater VOLTAIRE; ein durch Absprengung entstandenes gewaltiges Plateau im Nordwesten, ein längliches Tal im Nordosten und - wie bei Phobos - ein sehr großer südpolarer Krater. 21 Krater konnten einwandfrei festgestellt werden.

Deimos ist bekanntlich im letzten Monat mehrfach aus großer Nähe fotografiert worden, einmal sogar aus nur 80 km Entfernung. So liegen denn inzwischen Nahaufnahmen von der im Gegensatz zu Phobos ziemlich glatten Oberfläche des Deimos vor, auf denen noch Einzelheiten bis zur Größe eines Volkswagens zu erkennen sind.

Doch auch nach Abschluß des Vikingunternehmens wird noch ein weißer Fleck auf der Deimoskarte bleiben. So wird Herr Turner nach der Freigabe aller Viking-Bilder und Daten zunächst einmal die Arbeit an einem verbesserten Phobosmodell aufnehmen - vorausgesetzt, daß die Verhandlungen über die Finanzierung des Projektes zum Erfolg führen."

Dann wird durch Herrn K u n e r t das Buch "M A R S AND ITS SATELLITES" - A Detailed Commentary on the Nomenclature - An Exposition-University Book - Exposition Press HICKSVILLE, NEW YORK - 1977 vorgestellt, das ausführlich die Nomenklatur auf der Marsoberfläche und sogar schon auf den Marsmonden erläutert, und die Personen, die zur Namensgebung herangezogen wurden, kurz kommentiert. Das Buch sollte in keiner Bibliothek einer Volkssternwarte fehlen.

Im Anschluß daran verliest Herr K u n e r t einen Artikel, der in der Zeitschrift "DER STERNENBOTE", herausgegeben von Herrn M u c k e, Wien, erschienen ist, in dem Herr Norbert GIESINGER aus Lustenau, Vorarlberg, in ausgezeichnete Weise das gesamte Material über die MARSMONDE noch einmal sichtet. Herr K u n e r t weist darauf hin, daß ein großer Teil der Fakten zum Teil unter anderen Gesichtspunkten bereits von Herrn Z i m m e r vorgetragen wurde, und in dem Referat von Herrn Dr. BLUNCK anklingt:

#### DIE MARSMONDE PHOBOS UND DEIMOS -

##### 1. Vorgeschichte und Entdeckung

In Homers "Ilias" sind Phobos und Deimos die beiden Begleiter des Kriegsgottes Ares. Dem Auge des antiken und mittelalterlichen Menschen waren diese Begleiter des Mars natürlich nicht sichtbar. Nach der Entdeckung der 4 großen Jupitermonde vermutete man zwei Begleiter des Mars nach der Folge: Erde 1, Mars 2, Jupiter 4 Monde usw. Diese Vorstellung war jedenfalls ganz im Sinne der Weltharmonik und fand weite Verbreitung; im Jahr 1727 taucht sie bei J. Swift in "Gullivers Reisen" auf und etwa zur selben Zeit im Werk "Micromégas" von Voltaire. Besonders die Schilderung Swifts traf die tatsächlichen Verhältnisse gut, was zu vielerlei Spekulationen Anlaß gab.

Später waren die Dichter aber auch anderer Meinung. Tennyson hielt sich eher an die damaligen Forschungsergebnisse. So finden wir in seinem Gedicht den Satz: "The snowy poles of moonless Mars".

Noch nach der Entdeckung der Marsmonde schrieb Prof. Dr. v. Mädler in der 7. Auflage seines Buches "Wunderbau des Weltalls" 1879 die folgende Bemerkung: "Ihm (Mars) selbst fehlt ein Mond, oder dieser müßte von einer Kleinheit sein wie kein anderer Weltkörper. Hätte ein Marsmond auch nur 3 Meilen (1 Deutsche Meile = 7,5 km) Durchmesser, er könnte uns in günstigen Oppositionen nicht verborgen bleiben".

1783 suchte Herschel mit einem 48"-Spiegel (!) gelegentlich nach Marsmonden, fand aber nichts, obwohl das Instrument vermutlich für eine Entdeckung ausgereicht hätte. 1830 suchte Mädler mit einem 4"-Fernrohr, 1862 und 1864 versuchte D'Arrest in Kopenhagen mit einem 10"-Refraktor sein Glück. Obwohl auch seine Beobachtungen erfolglos waren, schränkten sie doch die mögliche Größe ein, was Mädler zu obigem Kommentar veranlaßte.

Bei der günstigen Marsopposition des Jahres 1877, also vor gut 100 Jahren, suchte Asaph Hall (1829-1907) mit dem großen, von Clark gebauten Refraktor (26") des US-Naval-Observatory in Washington systematisch nach Marsmonden. Hall war seit 1862 an diesem Observatorium tätig. Lange Zeit suchte er erfolglos. Am 8. Aug. 1877 begann er in der nächsten Umgebung des Planeten zu suchen und am 11. fand er um 2<sup>h</sup>30 ein schwaches Objekt. Die aufsteigenden Nebel des Potomac erlaubten gerade noch eine Positionsbestimmung. Am 16. waren wieder Beobachtungen möglich und um etwa 23<sup>h</sup> fand Hall das Objekt wieder. Nach 3 Stunden stellte er fest, daß sich der Abstand des Objektes vom Mars nicht wesentlich verändert hatte, obwohl sich dieser mit 15 Bogensekunden/Stunde bewegte. Am 17. entdeckte er den inneren Mond. Für einige Tage glaubte er (wegen der sehr kurzen Umlaufzeit) an 2 oder 3 innere Monde. Die Nacht vom 20. auf den 21. brachte dann aber völlige Klärung. Für den äußeren Mond schätzte Hall den Durchmesser auf weniger als 100 nautische Meilen. Hall hat dann auch die Namen Phobos (Furcht) und Deimos (Schrecken) vorgeschlagen.

## 2. Beobachtungen bis 1969

In den Jahrzehnten nach Halls Entdeckung wurden die Bahnen der Monde bestimmt und ihre Größe geschätzt. Eine mikrometrische Durchmesserbestimmung war unmöglich, denn wir wissen heute, daß beide Monde selbst bei Periheloppositionen scheinbare Durchmesser von weniger als 0,1" haben.

Die Durchmesserschätzungen für Phobos lagen zwischen 15 und 60 km, je nachdem, welche Albedo angenommen wurde. O.C. Wendell und E.C. Pickering gaben 1879 für die Helligkeiten 12,8<sup>m</sup> und 12,7<sup>m</sup> an. Bis etwa 1974 (!) waren diesbezüglich in der Literatur verschiedenste Angaben zu finden. 1945 wies A.B. Sharpless vom US-Naval-Observatory auf eine säkulare Beschleunigung von Phobos hin, d.h. es wurde eine Zunahme der Bahngeschwindigkeit und somit eine Abnahme des mittleren Abstandes vom Mars aus den Beobachtungen abgeleitet. Diese waren lange Zeit umstritten, und Mitte der 60er Jahre analysierte G.A. Wilkins die früheren Messungen und zeigte, daß diese teilweise recht unsicher waren. Er zog daraus den Schluß, daß keine säkulare Beschleunigung vorhanden sei. Phantasievolle Leute schrieben die Abbremsung der dünnen Atmosphäre zu, da diese aber ein massives Objekt in dieser Höhe nicht genügend abbremsen könne, so argumentierten sie weiter, müsse Phobos hohl und somit ein künstliches Objekt sein! Die Absurdität solcher Folgerungen hat sich inzwischen drastisch bestätigt.

1956 konnte G.P. Kuiper zeigen, daß Phobos etwa 3mal so hell wie Deimos ist. Bei Annahme einer Kugelgestalt und Albedo von 0,11 wären die Durchmesser dann 12 bzw. 6 km.

## 3. Beobachtungen von 1969 bis 1977

13 Jahre nach der Opposition von 1956 gelang es, mit der Sonde Mariner 7 ein Bild von Phobos zu erhalten, das allerdings nur 7 Bildelemente groß war. B.A. Smith berechnete daraus die Abmessungen 17x23 km. Phobos zeigte also etwa eine ellipsoidische Form; die Albedo mußte zudem wesentlich kleiner als der von Kuiper angenommene Wert sein.

Ab November 1971 umkreist Mariner 9 den Mars und machte im Laufe eines Jahres

neben über 7000 Marsaufnahmen auch 27 Bilder von Phobos und 9 Bilder von Deimos. Die Auflösung der Bilder von Phobos betrug im besten Fall etwa 200 m. Der größte Teil der Oberfläche von Phobos und eine Hälfte von Deimos wurden photographiert und in den folgenden Jahren von T.C. Duxbury vom JPL für die Monde ein Koordinatensystem und für Phobos eine Karte angefertigt. 1974 erschien in der Zeitschrift "Icarus" ein Atlas der Marsmonde von J. Veverka. Mit Mariner 9 wurden auch photometrische Messungen (im Sichtbaren und im Infrarot) durchgeführt. Seit 1976 werden, besonders mit dem Viking-2-Orbiter, Bilder höchster Auflösung (ca. 10 m) gewonnen. Es gelang außerdem, die Monde von der Marsoberfläche aus zu photographieren.

#### 4. Das heutige Bild der Marsmonde

Die Erkundung der Marsmonde, besonders von Deimos, ist noch im Fluß. Die hier gegebenen Daten geben den Informationsstand bis Oktober 1977 wieder. In den nächsten Monaten kann man genauere Angaben über die Massen der Monde und besonders über die Morphologie von Deimos erwarten.

Zuerst gebe ich hier eine Übersicht über Bahndaten, Gestalt etc. (siehe Tabelle).

Zu den Bahnelementen ist noch zu bemerken, daß sich die Elemente  $\Omega$ ,  $\omega$  sehr schnell ändern. Sie sind aber nur ungenau vorauszuberechnen, da die Koeffizienten der zonalen Kugelfunktionen des Mars-Gravitationsfeldes bisher nur ungenau bekannt sind. Zudem ist dieses Gravitationsfeld auch in Länge stark variabel, d.h. zur genauen Bahnberechnung müssen longitudinale Kugelfunktionen eingeführt werden.

##### 4a. Dynamisches Verhalten

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, bewegen sich beide Objekte in einer praktisch kreisförmigen und nur wenig gegen den Äquator geneigten Bahn um den Mars. Die siderische Periode von Phobos beträgt weniger als 1/3 der Rotationsperiode des Mars. Die mittlere Entfernung von Deimos liegt nur wenig über der "areostationären" Entfernung von 20 440 km. Die Rotation der Monde ist gebunden, für Phobos ist der Sub-Mars-Punkt im Kärtchen eingezeichnet. Die große Halbachse der Monde liegt in Richtung Mars, die kleine steht normal auf die Bahnebene; diese Verhältnisse entsprechen dem energetisch niedrigsten Zustand. Wegen der Nähe des Mars sind die Gezeiten derart stark, daß eine vielleicht früher vorhandene schnelle Rotation von Deimos in  $10^6$ - $10^8$  Jahren abgebremst wurde, eine solche von Phobos in nur  $10^4$ - $10^6$  Jahren. Die Gesteinsfestigkeit der Monde verhindert den Zerfall beim Unterschreiten der Roche-Grenze; dieser kritische Abstand ist in Marsradien R gegeben durch

$$R = 2,44 \cdot \sqrt[3]{\rho_1 / \rho_2}$$

Mit der mittleren Dichte des Mars  $\rho_1 = 3,9 \text{ gcm}^{-3}$  muß die Monddichte  $\rho_2$  einen Wert von  $\geq 2,8$  haben, um zu erreichen, daß Phobos noch außerhalb der Roche-Grenze liegt. Die Dichte von Phobos ist aber nach den neuesten Messungen nur  $2,0 - 2,1 \text{ gcm}^{-3}$ . Phobos liegt also mit Sicherheit innerhalb der Roche-Grenze; seine Achsenverhältnisse deuten nach Überlegungen amerikanischer Forscher darauf hin, daß er seine angenäherte hydrostatische Form in einer etwas größeren Entfernung angenommen hat. Für die heutige mittlere Entfernung ist das Achsenverhältnis etwas zu klein. Diese Rechnungen stützen auch die Vermutung einer säkularen Beschleunigung.

Wie schon erwähnt, glaubte G.A. Wilkins die säkulare Beschleunigung von Phobos widerlegt zu haben. Sorgfältige Analysen der Phobos-Positionen 1971/1972 (Mariner 9) haben aber eindeutig eine solche ergeben. T.C. Duxbury und H.G. Born vom JPL geben einen Wert von  $a = 0,001^\circ/\text{Jahr}^2$  an.



V.A. Shor (Leningrad) kam nach einer nochmaligen Auswertung teleskopischer Beobachtungen zu einem ähnlichen Ergebnis. Die säkulare Beschleunigung beruht eindeutig auf Gezeitenreibung. Blicke der Wert von  $a$  gleich dem oben gegebenen, so würde Phobos in ca.  $10^8$  Jahren auf die Marsoberfläche stürzen.

#### 4b. Die Struktur der Monde

Wie erwähnt, kann die Form der Monde annähernd durch die Duxbury-Ellipsoide beschrieben werden. Ein naher Beobachter hätte aber den Eindruck ziemlich irregulärer Objekte. Einerseits erreichen die großen Krater Abmessungen, die den Halbachsen vergleichbar sind, andererseits fehlen stellenweise Stücke des Ellipsoids. Besonders deutlich wird dies entlang des "Kepler Dorsum" auf Phobos. Obwohl die Monde stark von der Kugelgestalt abweichen, sind sie keineswegs so unregelmäßig, daß man sie einfach mit Planetoiden vergleichen könnte. Die formbedingten Helligkeitsschwankungen erreichen bei Phobos und Deimos nur etwa  $0,2^m$ , bei vergleichbaren Planetoiden aber im Durchschnitt  $0,5^m$ . Messungen der Bedeckung von  $\kappa$  Gem durch (433) Eros haben 1975 Abmessungen von  $7 \times 19 \times 30$  km ergeben, also weit extremere Achsenverhältnisse als Phobos und Deimos zeigen.

Bei sehr nahen Vorbeiflügen von Viking-2 an Phobos im Frühjahr 1977 wurde die Bahn der Sonde so gestört, daß die Masse dieses Mondes auf etwa 10% genau bestimmt werden konnte. Für Deimos steht eine derartige Bestimmung noch aus, wäre aber prinzipiell mit den Viking-Sonden möglich. Auf Phobos ist ein halbes Dutzend sehr großer Krater zu finden; der größte ist der Krater "Stickney" mit einem Durchmesser von etwa 10 km. Diese Formation ist zu Ehren von Frau Hall benannt, die ihren Mann bei der Suche nach den Monden moralisch unterstützte. Da A. Hall auf jeden Fall verewigt werden mußte, aber zwei Krater mit gleichem Namen auf einer so kleinen Welt wohl verwirrend wären, einigte man sich darauf, den Mädchennamen von Frau Hall zu verwenden.

Die wichtigsten Krater und die bisher benannten Strukturen sind in der von Herrn Dr. B. I. L. u. n. c. k. zusammengestellten Veröffentlichung wiedergegeben. - Von Deimos gibt es noch keine Karte, indes wurden bisher zwei Krater benannt: "Swift" und "Voltaire".

Auf Phobos (und Deimos) gibt es Krater in fast jeder Form, es fehlen allerdings wegen der Kleinheit Lavadecken und echte Zentralberge. Die Oberfläche von Phobos (und wahrscheinlich auch die von Deimos) ist mit Kratern gesättigt, d.h. neue Einschläge zerstören alte Krater und erhöhen die Kraterdichte nicht mehr. Sie ist etwa 100mal höher als im Mittel auf der Marsoberfläche; dadurch wird die auf Mars wirksame Erosion deutlich.

Das Alter der Monde wird aus der Kraterstatistik auf ca. 4 bis 5 Milliarden Jahre geschätzt. Die Marsmonde besitzen eine beträchtliche Staubschicht an der Oberfläche, den sogenannten Regolith. B. Zellner gelang es 1971, Polarisationsmessungen an Deimos durchzuführen. Die Ergebnisse waren nicht mit einer felsigen Oberfläche, sondern nur mit einer dunklen Statoberfläche erklärbar. IR-Messungen an Phobos durch Mariner 9 ergaben weitere Hinweise auf eine regolithische Oberfläche. Schließlich werteten M. Noland und J. Veverka photometrische Daten der Monde aus und kamen zum Schluß, daß die Oberfläche beider Monde vollständig mit Staub bedeckt ist. Die mittlere Dichte der Schicht ist aber noch unbekannt.

Wie kommt nun auf einem Objekt mit sehr kleiner Fluchtgeschwindigkeit eine Staubschicht zustande? Einerseits hat bei einem Einschlag ein kleiner Teil des ausgeworfenen Material eine sehr kleine Geschwindigkeit, es zeigen sich auf Phobos auch überraschend viele Sekundärkrater. Zudem haben Laborexperimente gezeigt, daß eine Regolithschicht selbststabilisierend wirkt. Sobald die Einschläge kleiner Meteoriten in Regolith erfolgen, hat ein größerer Bruchteil des ausgeworfenen Materials eine genügend kleine Geschwindigkeit, um nicht zu entweichen, als beim Aufschlag auf eine Felsoberfläche.

Andererseits dürfte aber die Tatsache eine Rolle spielen, daß die Monde sich nahe beim Mars befinden. Entweicht Material in den Raum, bleibt es trotzdem in einer Umlaufbahn um den Mars. Die Monde können einen Teil davon im Laufe der Zeit wieder einsammeln. Wäre dies aber die einzige Möglichkeit, eine Regolithschicht aufzubauen, so dürften die Planetoiden keine haben. Radarbeobachtungen (!) an 433 Eros zeigen aber ebenfalls eine Staubschicht.

Wie bei atmosphärelosen Körpern nicht anders zu erwarten, ist die Farbe der Staubschicht ein uniformes Grau.

Die niedrige mittlere Dichte von Phobos gibt Hinweise auf die stoffliche Zusammensetzung. Zur Dichte paßt am besten kohlenstoffhaltiges, chondritisches Material, aus dem auch manche Steinmeteoriten bestehen. Viele Fachleute sind der Ansicht, daß sich solches Material, das große Mengen leicht flüchtiger Bestandteile (Wasser,  $\text{CO}_2$ , usw.) enthält (Typ I), sich nur außerhalb der Marsbahn bilden konnte. Die Monde könnten demnach aus dem Planetoidengürtel stammen. Üblicherweise wird ein gemeinsamer Ursprung der Monde angenommen; gleiche Bahnneigung und gleiche photometrische Eigenschaften legen dies nahe. Ein verschiedener Ursprung, z. B. ein Mond eingefangen, der andere regulär, wäre sehr überraschend. Da man annimmt, daß kohlenstoffhaltiges chondritisches Material ein undifferenziertes Urkondensat ist, wäre die Chance, auf Phobos oder Deimos den "Genesisstein" zu finden, viel größer als auf dem Erdmond.

1976 machte Viking-1 Aufnahmen von Phobos, die die dem Krater "Stickney" gegenüberliegende Seite zeigen. Dort befinden sich sehr viele, annähernd parallele Rillen von bis zu 10 km Länge, etwa 200 m Breite und etwa 50 m Tiefe. Die Ursache der Entstehung dieser Rillen war einige Monate sehr umstritten. S. Soter und A. Harris haben in Nature, Vol. 268, Aug. 1977 eine recht plausible Erklärung vorgeschlagen:

Wie schon gesagt, liegt Phobos innerhalb der Roche-Grenze. Da die Gezeitenbeschleunigung proportional zu  $r^{-3}$  ist, sind die Gezeitenkräfte, die durch Mars auf Phobos wirken, stark. Die im Material des Mondes dadurch und durch die Fliehkraft erzeugte Spannung  $\delta$  ist dann etwa

$$\delta = \Omega^2 \cdot \rho \cdot r^2 \quad 10^5 \text{ dyn cm}^{-2}$$

wobei  $\Omega$  Winkelgeschwindigkeit,  $\rho$  Dichte und  $r$  Mondradius bedeutet. Falls Phobos eine dicke Regolithschicht besitzt, kann dieses Material einer Spannung von nur etwa  $10^3$ - $10^4 \text{ dyn cm}^{-2}$  standhalten, da es auch in tieferen Zonen durch das sehr geringe Gewicht der aufliegenden Schichten kaum verfestigt wird. Die Molekularkräfte sind allein zu klein, um die  $10^5 \text{ dyn cm}^{-2}$  zu verkraften. Die Folge ist die Bildung von Rissen, die sich zu Rillen erweitern können. Sollte diese Deutung zutreffen, wären die Rillen die ersten bekannten geologischen Strukturen dieser Art. Die Gezeitenkräfte auf Deimos sind etwa  $1/60$  so stark wie jene auf Phobos. Deshalb sollte dieser Mond keine Rillen zeigen. Auf den bisher erhaltenen Bildern sind auch keine zu sehen. Die Auflösung der Aufnahmen ist allerdings noch zu gering, um die Existenz von Rillen auf Deimos völlig auszuschließen. Es sind auf Deimos nur Krater von mehreren 100 m Durchmesser aufwärts bekannt, während auf den besten Bildern von Phobos schon Felsbrocken von ca. 20 m Größe zu sehen sind.

##### 5. Die Monde vom Mars aus gesehen

Die Monde sind für einen Beobachter auf dem Mars weit weniger auffallend als für uns der Erdmond. Sie zeigen aber wegen der großen Nähe eine ungewohnte Dynamik.- Phobos geht im Laufe eines Marstages ( $3 \text{ 1 Sol} = 24,63^h$ ) zweimal im Westen auf und im Osten unter. Für einen Beobachter am Äquator bleibt er etwa  $4,5^h$  über dem Horizont und ändert dabei seine Phase. Im Zenit ist er aber nur etwa 2 Monate um die Solstitien beleuchtet, ansonsten liegt er bei Zenitdurchgang



im Marsschatten. Als Vollmond ist er überhaupt nie zu sehen. Die große Nähe (Abstand für einen Beobachter am Marsäquator und Phobos im Zenit weniger als 6000 km) führt auch dazu, daß Phobos für einen Beobachter in einer Breite von mehr als  $69^\circ$  nicht mehr sichtbar wird. Deimos ist ab  $82^\circ$  Breite nicht mehr zu sehen. Für einen Beobachter am Äquator erreicht Phobos im Zenit einen Durchmesser von etwa 12' und eine Helligkeit von etwa  $-7^m$  bis  $-8^m$ . Am Horizont ist der Durchmesser weniger als 8' und die Helligkeit deutlich geringer. Die Lichtgestalt ist aber durchaus noch "mit freiem Auge" zu beobachten und der Krater "Stickney" müßte deutlich sichtbar sein. Der nicht von der Sonne beleuchtete Teil ist sicher vom Mars stark erhellt und dürfte eine rötliche Farbe zeigen. Die ellipsoidisch-unregelmäßige Form führt zu ungewohnten Phasen.

Deimos zieht von Ost nach West gemächlich über das Marsfirmament und ist 2 Tage lang ununterbrochen sichtbar, daraufhin etwa 3 Tage unsichtbar. Das Scheibchen erreicht maximal etwa 2' Durchmesser, ist also mit freiem Auge kaum mehr als solches zu erkennen. Die Helligkeit dürfte etwa  $-4^m$  erreichen.

Wegen der geringen scheinbaren Durchmesser können die Monde die Sonne nur partiell oder ringförmig - Deimos punktförmig - verfinstern. Solche Verfinsterungen sind sehr häufig, denn Phobos zieht in jedem Marsjahr etwa 1300mal, Deimos etwa 130mal vor der Sonne vorbei. Diese Finsternisse sind allerdings von kurzer Dauer, bei Phobos maximal etwa 45 und bei Deimos 132 Sekunden. Gelegentlich kommen für Beobachter in der Umgebung des Äquators auch Verfinsterungen von Deimos durch Phobos vor; die Dauer beträgt aber höchstens 24 Sekunden. Möglich sind auch Doppelverfinsterungen der Sonne durch Phobos und Deimos sowie Sonnenfinsternisse mit gleichzeitiger Deimosverfinsterung. Diese kurzen Erscheinungen sind aber extrem selten. Meines Wissens wurden dazu noch keine Berechnungen angestellt. Die Gezeitenwirkung der Monde auf Mars ist schwach, auch der nahe Phobos wirkt etwa 11mal schwächer als die Sonne. In einem fiktiven Marsozean würde Phobos eine Flutwelle von etwa 0,5 cm Höhe erzeugen; an einer Küste mit extremem Tidenhub wären es etwa 10 cm.

## 6. Ausblick

Die Forschungen der letzten hundert Jahre haben das Bild der Marsmonde ungeheuer gewandelt. Statt der Lichtpünktchen, die sich im Glanz des Planeten verlieren, haben wir erstmals ein relativ gutes Bild von zwei sehr kleinen Weltkörpern. Sollte sich die Vorstellung einer Zusammensetzung der Monde aus kohlenstoffhaltigem, chondritischem Material erhärten, wäre dies wohl ein Anreiz für eine direkte Erforschung. Ein geeignetes Raumfahrzeug der Viking-Klasse wäre sogar in der Lage, etwas Mondmaterial zur Erde zurückzubringen. Eine bemannte Marsexpedition wird sicher den Besuch eines Mondes einschließen, da der zusätzliche Treibstoffaufwand recht gering gehalten werden kann.

(Eine Tabelle zu diesem Bericht u m s e i t i g !)

Das Referat erhält großen Beifall.

Die Sitzung schließt um 21.10 Uhr.

gez. H ä n i g

gez. K u n e r t

Die nächste Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER findet

am Montag, dem 9. Januar 1978, um 20 Uhr

im P l a n e t a r i u m (am Fuße des Insulaners) statt.

bitte wenden!

T a b e l l e

G r ö ß e	P h o b o s	D e i m o s
Große Halbachse	9 270 km	23 400 km
Mittlere Distanz zur Oberfläche	5 876 km	20 006 km
Exzentrizität	0,021	0,003
Bahnneigung	1,1°	1,8°
Siderische Periode	7 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	30 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>
Kommensurabilität	1 : 3,96	
Rotation	gebunden	gebunden
Synodische Periode	11 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	132 <sup>h</sup>
Parall. Libration	22°	9°
Achsen Duxbury- $\epsilon$	a 13,5 $\pm$ 0,5	7,5 $\pm$ 3
Ellipsoid (km)	b 10,8 $\pm$ 0,7	6,1 $\pm$ 1
	c 9,4 $\pm$ 0,7	5,5 $\pm$ 1
Masse (auf 10%, kg)	1,1 $\cdot$ 10 <sup>16</sup>	?
Dichte (gcm <sup>-3</sup> )	ca. 2,1	?
Helligkeit mittl. Opp.	11,6 <sup>m</sup>	12,8 <sup>m</sup>
Albedo (photovisuell)	0,06	0,06-0,08
Phasenfunkt. 20°-80°	0,030 <sup>m/°</sup>	0,033 <sup>m/°</sup>
Gleichgewichtsflut	ca. 0,5" cm	ca. 0,005 cm