
WILHELM FOERSTER STERNWARTE & MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

BERLIN 41 • Munsterdamm 90 • Insulaner • Ruf 796 20 29

Protokoll

der

259. Sitzung der

Gruppe Berliner Mondbeobachter

1982 März **08**
~~29~~

Beginn: 20,05 Uhr

Es sind erschienen die Damen K i r s c h k e , S ä v e c k e , sowie die Herren Berger , B l a n c k e n b u r g , B r e n s k e , E r f u r t h , F r e i t a g , F r e y d a n k , G e u e r l i c h , G i e b l e r , H a r t m a n n , H e l m , H ä n i g , J a h n , J a r n a c k , K u n e r t , L i e b o l d , M a c k o w i a k , M e y e r , V o g t .

Herr K u n e r t begrüßt die Anwesenden und teilt mit, daß die nächste Sitzung der Gruppe Berliner Mondbeobachter erst im M a i stattfindet. Der 2. Montag im April wäre der Ostermontag.

Herr K u n e r t trägt den Wunsch eines Essener Sternfreundes vor, der gerne Lumineszenz-Erscheinungen auf der Mondoberfläche beobachten würde. Es wird festgestellt, daß die Beobachtung dieser Effekte eingestellt ist. Herr F r e i t a g übernimmt "The moon and the planets" und "Ikarus" Band 47 Nr. 2 zur Berichterstattung. Herr L i e b o l d übernimmt die Berichterstattung über das Buch "The moon, our sister-planet". Eine Anfrage der Zeitschrift GEO, nach welchem der Humboldt-Brüder das Mare und der Krater auf der Mondoberfläche benannt sind, wird Herr F r e i t a g beantworten. Herr K u n e r t stellt dann einen Modellbogen zum Ausschneiden und zum Zusammenkleben "Der Sternenhimmel", erhältlich bei der Firma Experimenta G a m b k e , Gneisenaustraße 33, 1000 Berlin 61, Tel. 030/691 80 53, zum Preise von DM 13,50 vor, der den Selbstbau eines "Haus-Stellariums" mit den mit bloßem Auge sichtbaren Sternen gestattet. Der Bastelbogen dürfte Kindern das Kennenlernen des Sternenhimmels sehr erleichtern.

Der Bericht über die Beobachtung der letzten Mondfinsternis von Herrn Böhme aus Nassar, erklärt Herr F r e y d a n k , daß er in der Maisitzung über alle Beobachtungen zusammenfassend berichten wird. Es werden Photographien von Herrn Hubert S c h e f f l e r , Berlin 44, von der letzten Mondfinsternis am 9.1.82 zur Betrachtung herumgegeben.

Dann berichtet Herr Freitag kurz über Schattenaustrittsbeobachtungen vom Mond IO und referiert über das Heft "Ikarus"

"Ungewöhnliches Reflexionsverhalten des IO nach Finsternissen."

Ab 1964 tauchten immer wieder Veröffentlichungen auf, die von sonderbaren Lichtkurven der Jupitermonde nach Finsternissen berichteten.

Bei den Voyager-Vorbeiflügen nahm man die Gelegenheit wahr, für IO und Europa die Lichtkurven nach dem Schattenausritt zu bestimmen.

Zunächst einige Sätze zur Vorgeschichte:

Trotz der Probleme durch die Nähe des ca. 100 x helleren Jupiter entstanden ab 1964 (danach 1973, 75, ...) Messungen, die gleich nach der vollendeten Finsternis den IO ca 10 % heller registrierten; nach 10-15 min normalisierte sich die Helligkeit. Mögliche Erklärungen wurden schnell gefunden: Vielleicht hat IO eine registrierbare Atmosphäre, die während der 90 K-Finsternis auskondensiert, bei Normalbeleuchtung (ca. 130 K Tagestemperatur) aber gasförmig ist, also nicht zur Reflexion beiträgt. Vielleicht besteht die IO-Oberfläche teilweise aus elementarem gelben Schwefel, der bei 90 K mehr Licht reflektiert als bei 130 K.

Zwischen 1970 und 1976 entstanden jedoch genauso viele Meßreihen, die keine Aufhellung registrierten. Die Situation war also vor der Voyager-Passage unentschieden, und konnte auch durch eine zusätzliche Messung im Integrallicht nicht entschieden werden.

Man entschloß sich deshalb mit der nun möglichen Auflösung einige besonders helle, einige besonders dunkle Gebiete sowie mittelhelle Flecken auf dem IO 30 min nach der Finsternis zu überwachen. 3 IO-Schattenausritte wurden aufgezeichnet. Ein 10-15 min - Abschnitt größerer Helligkeit konnte nicht gefunden werden. Nur bei den ausgewählten Polargebieten wurden größere Helligkeiten für ca 1-3 min registriert (Abweichungen von 3 % der Grundhelligkeit).

So haben die Voyager-Messungen die "15 min-Nachfinsternis-Aufhellung" nicht bestätigt; andererseits wissen wir heute, daß der IO-Vulkanismus durchaus Atmosphären produzieren könnte, die vorübergehend auskondensieren.

Das Problem der Helligkeitsschwankungen gilt noch nicht als gelöst.

Das Referat findet großen Beifall.

Anschließend zeigt Herr B r e n s k e Aufnahmen des Mondes bei Mondfinsternissen, die das Phänomen des "Grünen Saums" aufweisen. Als erstes eine sehr schöne Aufnahme vom Januar 1953, bei der der Mond zu 2/3 im Kernschatten steht. Hier ist ein zartes Grün sichtbar, die Finsternis ist als "sehr hell" einzustufen. Eine weitere Aufnahme vom Mai 1957 mit dunklerem Kernschatten zeigt den grünen Saum sehr ausgeprägt. Eine Aufnahme vom März 1959 zeigt kaum diesen Saum. Es ergibt sich eine sehr lebhafte Diskussion, bei der festgestellt wird, daß in einem Fall der Außenrand des Mondes auch einen grünen Saum aufweist. Dann müßte das Phänomen auf die Art der benutzten Fotoemulsion (Agfa) zurückzuführen sein. Die Frage, ob der grüne Saum wieder ein echtes Naturphänomen ist oder nur ein Sekundäreffekt, muß weiter geprüft werden.

Dann erhält Herr M a c k o w i a k das Wort zum letzten Teil seines Referates "Planetengeologie" - Mars, Venus, Jupitermonde -

Mars, wegen seiner roten Farbe oft der Rote Planet genannt und einer der markantesten Himmelskörper, die man von der Erde aus mit bloßem Auge beobachten kann, ist etwa halb so groß wie die Erde und gehört zu den äußeren Planeten des Sonnensystems, da seine Umlaufbahn jenseits der Erdbahn liegt. Erst 1659 hatte man das 1608 erfundene Fernrohr so weit verbessert, daß Zeichnungen von der Marsoberfläche angefertigt werden konnten, die helle und dunkle Gebiete zeigten. Man beobachtete Veränderungen in ihren Farben, fand Eiskappen an den Polen sowie verschiedene Typen

von Wolken in der im wesentlichen aus Kohlendioxyd bestehenden sehr dünnen Marsatmosphäre (1/100 des ird. Atmosphärendrucks): weiße Wolken aus winzigen Wasserkristallen oder -tröpfchen und gelbe Wolken aus feinen Staubteilchen, die durch starke Winde aufgewirbelt werden. Die "sensationellste" Entdeckung waren die 1877 von Schiaparelli gefundenen Kanäle, dünne, dunkle Linien, die in der Folgezeit Anlaß heftiger Kontroversen waren, da man sie für das Werk intelligenter Wesen hielt. Viele Astronomen bezweifelten die Existenz dieser Gebilde und erklärten sie als optische Täuschungen; und die Beobachtungen mit Raumsonden haben bestätigt, daß diese Kanäle nicht existierten, zumindest nicht in Form künstlicher Wasserstraßen!

Die ersten Marsmissionen von Mariner 4 (1965) und Mariner 6 und 7 (1969) brachten die große Überraschung. Vorher war die Meinung weit verbreitet gewesen, der Rote Planet sei eine einzige Wüste, die Kameras der Raumsonden zeigten aber eine von Kratern übersäte Oberfläche. Wenn also auf dem Mars eine Erosion existierte, die mehr der auf der Erde wirksamen glich als der auf dem Mond, dann gäbe es längst keine kraterbedeckte Oberfläche mehr. Einige Wissenschaftler hatten bereits Einschlagkrater vorausgesagt, so zum Beispiel der große Vertreter der Einschlagtheorie Ernst Öpik von Armagh in Nordirland.

Aus den Aufnahmen von Mariner 7 wurde geschlossen, daß Mars ebenso wie ein Großteil des Mondes eine "fossile" Oberfläche besitzt, die entstand, als die Planeten von großen meteoritischen und asteroid-großen Körpern bombardiert wurden. Die Marskrater sind im allgemeinen stärker abgetragen als ihre Entsprechungen auf dem Mond, was auf eine langsame Erosion durch Wind zurückzuführen ist.

Man fand bei diesen Missionen auch eine neue Art von Relief, das "chaotisch" bezeichnet wurde und von dem man glaubte, es stelle den Beginn interner Aktivität des Planeten dar. Manche Wissenschaftler gingen sogar so weit, zu vermuten, daß Mars gerade eben den Punkt erreicht habe, wo er für die Erzeugung innerer Aktivität heiß genug sei. Da die ersten Missionen ausschließlich die Südhalbkugel des Mars erforschten, stellte man erst bei der Umkreisung des Planeten durch Mariner 9 fest, daß die Nordhalbkugel im Gegensatz zur dicht mit Kratern bedeckten Südhalbkugel relativ weniger Krater aufweist. Mariner 9 entdeckte auch den größten Vulkan des Sonnensystems, den Olympus Mons, dessen Höhe 20 km und Durchmesser 600 km beträgt. Er war die erste von vielen relativ jungen auf dem Mars beobachteten Strukturen, zu denen große Verwerfungssysteme, relativ glatte Ebenen und ausgedehnte, windgeformte Ablagerungen gehören, die die teleskopisch beobachteten dunklen Gebiete bilden. Ferner fanden die Kameras der Raumsonde gewundene Kanäle, die offenbar Zeugnisse von fließendem Wasser zu einer Zeit darstellen, wo sich die Marsatmosphäre ganz deutlich von der heutigen unterschied.

Ein neuer Typ von Einschlagkrater

Betrachtet man die Bilder von Mariner 9, besonders die kraterübersäten Gegenden des Mars, so sieht man, daß einige Marskrater "frisch" (rezent) sind: die großen Krater mit Durchmessern von zehn Kilometern und mehr sind fast alle erodiert, so daß die Erscheinungen auf der Auswurfdecke zerstört sind. Leider war die Auflösung der Mariner-9-Bilder nicht hoch genug, um Einzelheiten der kleineren Krater zu identifizieren. Die ersten Bilder der Viking-Orbiter zeigten dann allerdings deutlich, daß es nicht nur viele kleine Krater gibt, sondern daß diese auch noch relativ frisch sind und daher ein Risiko für die Lander darstellten - mußte man doch mit einer großen Zahl ausgeworfener scharfkantiger Blöcke in der Umgebung dieser Gebilde rechnen. Wie bereits bei Mond und Merkur besprochen, beeinflußt die Gravitation die Verteilung der Auswürfe um die Krater erheblich. Auf dem Merkur mit seiner 2,3 mal größeren Schwerkraft als auf dem Mond liegen die Auswürfe näher am Krater. Auf dem

Mars ist die Oberflächengravitation zufällig fast dieselbe wie auf dem sonnennächsten Planeten, was vielen Wissenschaftlern zu der Vermutung Anlaß gab, die ursprüngliche Gestalt der Marskrater sei dieselbe gewesen wie die auf dem Merkur. Aber die im Rahmen der Viking Mission gemachten Aufnahmen zeigten, daß das nicht der Fall ist. Das Innere dieser Einschlagkrater ist zwar ähnlich dem der Krater auf Merkur und Mond, jedoch sind die Auswurfdecken außerhalb verschieden. Die äußere Grenze der kontinuierlichen Auswurfmasse wird durch einen niedrigen, fast kontinuierlichen Rücken markiert, innerhalb dessen die Auswurfmasse offenbar dünn und mit Hügeln, Rücken und Streifen versehen ist. Außerhalb des Walles gibt es hügel- und dünenähnliche Formen in den Auswürfen sowie an manchen Stellen verstreute sekundäre Einschlagkrater. Bei manchen Kratern haben die Auswürfe nicht nur eine Wallfront, sondern die Form mehrerer sich überlappender Flüsse. Diese neue Art von Einschlagkratern ist unter dem Namen Auswurf-Wallkrater in die Fachterminologie eingegangen.

Man muß sich natürlich fragen, wieso die Marskrater so verschieden zu denen auf Mond und Merkur sind. Die Ursache dafür liegt im Vorhandensein einer Atmosphäre auf dem Mars und wahrscheinlich auch von Permafrost. Beide können das Vorwärtsgleiten von Auswurfmasse fördern. Wenn die Auswurfmasse auf die Oberfläche aufschlägt, könnte die noch vorhandene Vorwärtskomponente der Bewegung dadurch aufrecht erhalten werden, daß beim Auftreten der Auswürfe der Permafrostboden verdampft und gleichzeitig das darunter befindliche Gas durch den rasch niederstürzenden Gesteinsregen eingefangen wird. Dieses Gas versucht nun durch die Auswurfmasse nach oben zu entweichen, wobei sie sie in einen flüssigen Zustand bringt und dadurch die Vorwärtsbewegung unterstützt.

Weitere Einschlagkraterformen

Obwohl die meisten kleinen Krater auf dem Mars zum Auswurf-Wallkrater-Typ gehören, sind einige jedoch auffallend anders, da sie statt der Auswurf-Wallkrater-Struktur eine deutlich geschlossene Auswurfdecke mit radialer Streifung haben. Unmittelbar außerhalb dieser Krater gibt es einige gelapte Strukturen, die zwar an die bei den Auswurf-Wallkratern erinnern, aber insgesamt ist das Aussehen der Auswurfdecke ganz verschieden. So haben die inneren gelapten Formen auf der Auswurfmasse kein so starkes radiales Muster aufgeprägt. Stattdessen gibt es ein Dachziegelmuster, und ihre Bildung geschah sicher durch Auswurf-lawinen oder -flüsse vom Kraterrand her.

Becken

Wie bei Mond und Merkur gibt es auf der Marsoberfläche riesige Depressionen oder Becken mit mehrfachen Ringsystemen, die wahrscheinlich durch Einschläge erzeugt wurden. Mehr als zwanzig hat man bisher festgestellt. Das größte Becken auf dem Mars, das größte überhaupt im bekannten Sonnensystem, ist das 5 km tiefe und 1600 km Durchmesser aufweisende Hellas-Becken. Es ist von einem stark erodierten und teilweise verschütteten Gebirgsrand sowie Spuren von vier, mehr konzentrisch angeordneten Ringen umgeben. Sein Inneres weist ein komplexes Relief auf, genannt Hellas-Planitia. In der Nähe gibt es noch ein kleineres, von Kratern überlagertes Becken, das wesentlich älter ist als das Innere von Hellas. Durch Fernrohrbeobachtungen weiß man, daß Hellas Ausgangspunkt der großen Staubstürme ist. Wie komplex das Gelände dieses Beckens ist, wurde erst während der Viking Mission klar, als man auf den Bildern Höcker, Böschungen und Furchen deutlich ausmachen konnte. Teile des Innern sind von vulkanischen Ebenen und Rücken ähnlich den lunaren Maria bedeckt. Große Teile des Beckens sehen abgeschliffen und poliert aus, was ein deutliches Zeichen für frühere, aber auch jetzige Windaktivität darstellt. Hellas verhält sich wie ein riesiges Staubbecken.

Nicht nur das Aussehen der Becken ist auffällig, sondern auch der beherrschende Einfluß auf die Struktur der planetaren Kruste. So entstanden zwei große Vulkane, Amphitrites Patera und Hadriaca Patera, anscheinend auf zu Hellas konzentrischen Brüchen.

Ihre Laven haben die südlichen und nordöstlichen Ränder des Beckens durchbrochen und verschüttet. Die ältesten erhaltenen Gebilde im Hellasgebiet sind kleine und mittelgroße Einschlagkrater. Das Hellas-Becken weist ein erheblich höheres Alter auf als die späte Phase des planetären Bombardements, durch das diese Krater geschaffen wurden.

Weitere Einschlagbecken auf dem Mars sind das Argyre-, Isidis-, Kepler-, Lowell- und Lyot-Becken.

Vulkane

Von großer Faszination sind die Vulkane auf dem Roten Nachbarplaneten, und nicht nur für denjenigen, der sich für Vulkanismus interessiert. Auf dem Mond äußert sich die vulkanische Aktivität in ausgedehnten, relativ flachen Lavaflüssen, auf dem Mars dagegen auch in Form großer Vulkan-Gebirge, von denen das bekannteste und größte der Olympus Mons ist. Die äußere Grenze des Gebirges wird durch eine 4 km hohe Böschung markiert, die von vielen, sich in die umgebenden Ebenen erstreckenden Lavaflüssen überdeckt wird. Man machte verschiedene Vorschläge zur Erklärung des Ursprungs dieser Böschung. So nimmt eine Hypothese an, daß es sich dabei um eine Ringverwerfung handelt, daß also der ganze Vulkan angehoben wurde und so um die gesamte Kante herum die Böschung entstand. Ein anderer Erklärungsversuch geht davon aus, daß in der frühen Geschichte des Vulkans Aschenströme oder Aschenregen ausgeworfen wurden, deren Erosion die jetzige Böschung zurückließen. Eine dritte Erklärung nimmt gigantische Felsrutsche durch Permafrost an, die Böschung wäre dann nichts anderes als eine riesige Narbe an den Flanken des Vulkans.

Auf dem Gipfel von Olympus Mons gibt es einen Calderakomplex von fast 80 km Durchmesser. Eine Caldera entsteht durch Einbruch in den zentralen Förderschlot, durch den die Lava aufsteigt. Durch den plötzlichen Rückzug der Lava in den Kanal hinunter, verliert der Gipfelteil des Zentralkegels seine Stabilität und bricht ein. Das Alter des Olympus Mons ist unbekannt; es gab kein Anzeichen von Aktivität, als der Vulkan von Raumsonden beobachtet wurde. Olympus Mons ist nicht der einzige große Vulkan auf dem Mars. Im Südosten dieses Vulkangiganten befindet sich das Tharsisgebiet mit den drei großen Vulkanen Ascraeus Mons, Pavonis Mons und Arsia Mons sowie vielen kleinen Vulkanen. Zu erwähnen ist auch noch der fünfte große Vulkan Alba Patera, dessen Form einer umgedrehten Untertasse gleicht.

Gräben

Im Gegensatz zu Mond und Merkur hat die Kruste des Planeten Mars eine viel aktivere Vergangenheit, was recht deutlich an der viel größeren Zahl von Brüchen zu sehen ist und an den zahlreichen Vulkanen, die zeigen, daß das Material aus dem Inneren diese Schwächezonen benutzt hat, um an die Oberfläche zu kommen. Auf vielen Bildern sind die durch Verwerfungen erzeugten Gräben zu sehen, die wie auf dem Mond lange, gerade, schmale Krustenblöcke bilden, welche mehrere hundert Meter unter dem Niveau der Kruste zu beiden Seiten liegen. Auf dem Mars liegen sie aber so dicht, daß sie sich häufig überlappen, was zu einer sehr komplexen Struktur führt.

Man kann in der Marskruste zwei auffällige Asymmetrien feststellen. Einmal die Grenze zwischen den nördlichen tiefen Ebenen und den südlichen kraterreichen Hochländern und zum zweiten die mit radialen Brüchen versehene Kruste auf einer Hemisphäre um einen großen Wulst unter den Tharsis-Vulkanen, der die andere Hemisphäre fast ohne Brüche gegenüberliegt. Bisher gibt es für die großen Unterschiede keine plausible Erklärung. Es scheint so, als ob die Teilung des Planeten in eine tiefe nördliche und eine hohe südliche Hemisphäre vor der Aufwölbung der Kruste stattfand. Warum die nördliche dieser beiden "geologischen Hemisphären" relativ zur anderen Hemisphäre anscheinend mehrere Kilometer tiefer liegt, ist eines der großen Geheimnisse des Roten Planeten.

Die Valles Marineris

Der berühmteste Graben auf dem Mars sind ohne Zweifel die Valles Marineris, ein ausgedehntes, kompliziertes Canyongebiet in der Äquatorregion des Mars. Die Valles Marineris sind 4000 km lang, stellenweise 700 km breit und erreichen Tiefen von 6 km. Einige Teilcanyons haben erstaunliche Ähnlichkeit mit dem Grand Canyon in Arizona, haben aber erheblich größere Dimensionen. Würde man die Valles Marineris nach Nordamerika versetzen, würden sie von Kalifornien bis New York reichen. Die Valles Marineris ziehen sich von West nach Ost vom höchsten Punkt des großen Wulstes der Marskruste unterhalb von Syria Planum zum Ursprung der Chryse-Kanäle. Zentrale Einsenkungen befinden sich entlang des Grates eines niedrigen Krustenrückens. Von West nach Ost ändert sich die Natur des Systems stark, so daß man verschiedene, allmählich ineinander übergehende Bereiche unterscheiden kann. Die Valles Marineris stellen ein integrales System dar, daß zur selben Zeit entstanden ist und denselben verändernden Prozessen unterworfen war. Am nächsten dem Gipfel der Syria-Erhebung liegt das Noctis Labyrinthus, ein Gewirr von Einbruch-Depressionen und Gräben. Es scheint am wenigsten durch die nachfolgende Erosion verändert worden zu sein. 2500 km nach Osten zieht sich dann das geradlinig durchfurchte eigentliche Canyonland, dessen östliche Ausläufer in das chaotische Gelände abfallen, welches die nordwärts laufenden Kanäle von Chryse mit Wasser versorgt zu haben scheint.

Könnte man beantworten, wie sich die Valles Marineris gebildet haben, wäre man einen großen Schritt weiter im Verständnis des Planeten Mars. Die Canyongebiete sind vor allem eines der Haupt-Lineamente des Planeten. Mehrere dieser Erscheinungen weisen zueinander einfache geometrische Beziehungen auf. Senkrecht zu den Valles Marineris verlaufen die Claritis Fossae, die die Zone stärkster Verwerfungen auf dem Planeten darstellen. Durch den Schnittpunkt dieser beiden großen Strukturen verläuft unter 45 Grad der Tharsis-Rücken, der das bedeutendste Lineament des Planeten ist. Diese einfache Geometrie hat sicher ihre Ursache in den besonderen, fundamentalen Bedingungen der Kruste. Auf der Erde führten Beobachtungen ähnlich einfacher Geometrien zur Theorie der Kontinentalverschiebung. Man muß sich also die recht naheliegende Frage stellen, ob Mars über eine kleine Zahl mobiler Krustenplatten verfügt wie die Erde. Wenn das der Fall sein sollte, dann könnten die Valles Marineris eine Spalte sein, die durch das Auseinanderbewegen von zwei Platten entstanden ist.

Wasserkanäle

Seit mehr als einem Jahrhundert gibt es Spekulationen über (Wasser-)Flüsse auf dem Mars, die, wenn auch schon erheblich abgeschwächt, bis zu den Mariner-4-, -6 und -7-Missionen anhielten und danach vollkommen zum Erliegen kamen, weil die Bilder dieser Raumsonden nicht nur kein Anzeichen von Wasser in Gegenwart und Vergangenheit des Planeten zeigten, sondern zusammen mit anderen übermittelten Daten auch darauf hindeuteten, daß sich die Marsoberfläche seit der Bildung des Planeten nicht verändert hat und daß seine Atmosphäre sich mit der Annahme von fließenden Wasser nicht verträgt. Es zeigten sich jedoch bald abweichende Hinweise, vor allem als man Einbruchzonen entdeckte, die sich als Bereiche gefrorenen Bodens deuten ließen, der aufgetaut war und Wasser abgegeben hatte. Mariner 9 entdeckte ausgedehnte Gebiete mit anscheinend tauendem Permafrost zusammen mit einer Vielzahl von Kanälen. Riesige Kanäle verbinden Einbruchzonen mit den nördlichen Ebenen. Bei vielen kleineren gibt es Systeme von Nebkanälen, und auf der Südhalbkugel sieht man an vielen Hängen kleine, eng zusammenliegende Furchen. Die großen, breiten Kanäle befinden sich in den Äquatorregionen. Die größten Kanäle, die am deutlichsten auf die Wirkung von Wasser hinweisen, sind auf vier Gebiete beschränkt: südlich von Amazonis Planitia; zwischen dem chaotischen Gelände östlich der Valles Marineris und Chryse Planitia nördlich von Lunae Planum; und im "fretted terrain". All diese Gebiete liegen entlang der

Grenze zwischen den nördlichen Ebenen und den kraterreichen Hochländern, und die meisten Kanäle lassen sich zu Gebieten mit umfangreichen Bodenerosionen zurückverfolgen. Anscheinend sind sie also das Ergebnis des katastrophalen Schmelzens von Permafrost und Wassereintritt.

Es muß in der Vergangenheit des Roten Planeten genug Wasser gegeben haben, um die beobachteten Kanäle, die nicht mit den von der Erde aus beobachteten identisch sind, zu erodieren. Als der Planet sich aus dem solaren Urnebel gebildet hatte, werden alle eingeschlossenen Gasmoleküle mehr oder weniger rasch zur Oberfläche diffundiert sein. So bildet das in hohem Maß ausgegaste Kohlendioxyd den größten Teil der Atmosphäre und der Polkappen. Wasser müßte in ähnlichem Maße ausgetreten sein, jedoch ist sein gegenwärtiger Verbleib schwierig festzustellen. So muß der Verbleib von bis zu 1 km Wasser über der ganzen Oberfläche geklärt werden. Das meiste davon wird bald nach der Akkumulation ausgegast worden sein - vielleicht sind 20 m noch durch kürzliche Vulkantätigkeit beigetragen worden. Als mögliche "Senken" für all diese Wassermengen werden die Polkappen angesehen, die Absorption durch den Oberflächenregolith, das Bodeneis und das Entweichen in den Weltraum. Die Polkappen sind in der Lage, bis zu einem Meter Wasser in ihrem Innern einzuschließen, und ein sehr tiefer Regolith könnte vielleicht bis zu 10 m Wasser aufnehmen.

"Fretted Terrain"

Kein Gegenstück auf der Erde ist zu einem marsianischen Geländetyp bekannt, der als "fretted terrain" bezeichnet wird. Es handelt sich hierbei offensichtlich um eine Region, die durch Zertrümmerung und teilweise Zerstörung von sehr kraterreichen Gesteinseinheiten erzeugt wurde. Sie bildet ein 500 km breites Übergangsgebiet um den halben Planeten zwischen dem kraterreichen Gelände der Südhalbkugel und den Tieflandebenen des Nordens. Es besteht vorwiegend aus steilen Hügeln mit flachen Rücken, die durch gerade Täler getrennt sind, von denen manche bis in südliches kraterreiches Gelände verfolgt werden können. Nach einer Hypothese ist die Entstehung dieses Geländes auf Bodeneis oder die Unterspülung durch Grundwasser zurückzuführen.

Helle und dunkle Stellen

Von den von der Erde aus in Teleskopen beobachteten Objekten auf der Marsoberfläche waren neben Kanälen und Polkappen helle und dunkle Stellen die markantesten Merkmale, da sie außerdem noch ihre Form und Helligkeit sowohl mit den Jahreszeiten auf dem Planeten als auch unregelmäßig veränderten. Die Erklärung der dunklen Stellen als Ozeane und der hellen als Land war offenbar nicht haltbar. Bis fast zu den ersten Marsmissionen gab es konträre Meinungen darüber, ob die Marsoberfläche durch organische oder anorganische Stoffe geprägt ist. So sahen die Vertreter des organischen Modells eine Oberfläche, wo die dunklen Stellen Gebiete mit Vegetation waren, die hellen dagegen Wüsten; die verschiedenen anorganischen Modelle nahmen eine Marsoberfläche an, die mit dünnen Schichten bedeckt ist, die vom Wind verändert werden, oder daß von einigen dunklen Flecken ständig vulkanische Asche ausgeworfen wird. Eine Entscheidung für das eine oder andere Modell konnte erst mit dem Flug von Mariner 9 gefällt werden, obgleich die Fotos der Raumsonden Mariner 4, 6 und 7 eine Oberfläche zeigten, die für eine ausgedehnte Vegetation offenbar nicht in Frage kam. Eine Klärung nach den ersten Flügen war deshalb nicht möglich, weil die Fotos die Marsoberfläche nur unvollständig überdeckten und eine ungenügende Auflösung besaßen. Mariner 9 dagegen konnte unmittelbar die Wechselwirkungen von Atmosphäre und Oberflächenstaub beobachten, da bei ihrer Ankunft ein ausgedehnter Sturm herrschte, der den Staub bis in eine Höhe von 30 km aufwirbelte und somit die Oberfläche vollständig

verdeckte. Aber nachdem sich der Staub gesenkt hatte, wurde der Ursprung der klassischen Landmarken auf dem Mars klar. So erschien Syrtis Major, eine der auffälligsten dunklen Marken, nicht als einzelner dunkler Fleck, sondern als sehr große Zahl gleichgerichteter Striche. Die meisten anderen auffällig hellen und dunklen Stellen bestehen ebenfalls aus - hellen und dunklen - Strichen, die ihren Ausgangspunkt bei topographischen Gebilden, meistens Kratern, haben. Diese Gebilde zeigen nicht tief-
liegende geologische oder topographische Strukturen an, sondern bloß, daß die Mars-
oberfläche von Staub und Sand bedeckt ist, der vom Wind aufgewirbelt wird.

Man konnte drei Typen von Strukturen beobachten: helle Striche, dunkle Striche und auf manchen Kraterböden dunkle Flecken, "Kleckse" genannt. Manche dieser Kleckse scheinen in Dünenablagerungen aufgelöst, so daß es daher naheliegt, anzunehmen, daß die dunklen Gebiete Ablagerungen darstellen, während an den helleren Strichen loses Material entfernt wurde. Es besteht auch die Möglichkeit, daß die hellen Stellen Ablagerungen von Material anderer Zusammensetzung oder anderer Größe sind.

Die Polkappen

Zu den Erscheinungen auf der Marsoberfläche, die von der Erde aus zuverlässig verfolgt werden können, gehören die Polkappen, die fast zu Beginn der Fernrohrbeobachtungen entdeckt und korrekt als Eisablagerungen interpretiert wurden. Bald bemerkte man, daß sie sich im Lauf der Jahreszeiten in ihrer Ausdehnung veränderten. Seit ihrer Entdeckung stritt man sich allerdings darüber, wie die Ablagerungen an den Polen zusammengesetzt sind, wobei in Analogie zur Erde Wassereis angenommen wurde. Allmählich befürwortete man jedoch einen Aufbau aus Kohlendioxideis. Und die Atmosphärenuntersuchungen der Raumsonden bewiesen schließlich, daß die ausgedehnten winterlichen Polkappen tatsächlich weitgehend Kohlendioxideis sind. Beobachtungen des Rückzugsverhaltens der Polkappen im Spätsommer zeigten allerdings, daß die Restkappen aus Wassereis bestehen. Nimmt man die neueren Beobachtungen der Viking-Sonden mit hinzu, so muß man noch weiterhin differenzieren: Zwar ist die innere nördliche Kappe Wassereis, die südliche Restkappe dagegen Kohlendioxideis!

Was die Stratigraphie der Polkappen angeht, so ist sie ziemlich klar. So liegt zum Beispiel am Südpol die Polkappe über geschichteten Ablagerungen, die ihrerseits über massivem ungeschichtetem "geätztem" Ebenenmaterial und kraterreichem Grundgestein liegen, deren Natur unklar ist. Allerdings weist ihre Beschränkung auf die Polgegenden auf eine meteorologische Steuerung der Ablagerungen hin - wahrscheinlich durch Wind transportiertes Material -, die aus äquatorialen Gegenden, vielleicht aus dem Canyon Gelände oder vom "fretted terrain" stammen. Eine der wichtigsten Feststellungen an diesen Ablagerungen ist ihr im Vergleich mit der übrigen Planetenoberfläche sehr geringes Alter. Auf einem Gebiet von fast einer Million Quadratkilometer findet man keine frischen Krater. Ganz gleich ob die Krater zugeschüttet oder erodiert wurden, ihre Eliminierung muß in großem Umfang erfolgt sein. Die geschichteten Ablagerungen haben wohl nur ein Alter in der Größenordnung von 100 Millionen Jahren.

Die Marsmonde

Die von Hall 1877 entdeckten kleinen Begleiter des Roten Planeten - Phobos und Deimos - wurden erst durch die Raumsonden Mariner 9 sowie Viking 1 und 2 zu Objekten geologischer Untersuchungen. Beide Monde (Phobos 27 km Durchmesser; Deimos 12 km) sind sehr kraterreich und mit einem dunkelgrauen Regolith bedeckt, wobei Deimos allerdings glatter erscheint als Phobos. Der größte Krater der beiden Monde ist Stickney auf Phobos mit 10 km Durchmesser. Kraterzählungen auf den Oberflächen beider Monde ergaben, daß sie über 3 Milliarden Jahre alt sein dürften.

Die überraschendste Entdeckung bei Phobos stellen die langen, gewöhnlich 100-200 m breiten und 20 m tiefen Furchen dar, deren Verteilung einen Zusammenhang mit dem

10-km-Krater Stickney zu zeigen scheint. Man vermutet von ihnen, daß sie die Oberflächenerscheinung der durch den Einschlag erzeugten Brüche sind. Da Stickney sich an dem einen Ende von Phobos befindet, könnten die Risse aber auch durch die Gezeitenwirkung des Mars verursacht worden sein.

Von besonderem Interesse wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit der Erde in Bezug auf Masse, Durchmesser und mittlerer Dichte ist für den Planetologen die Venus. Leider wird der Blick auf ihre Oberfläche durch die dichte Kohlendioxid-Atmosphäre verhindert, so daß man lange Zeit auf Vermutungen angewiesen war. Erst Radarbilder und Raumsondenlandungen brachten Fortschritte. Ein Großteil der Venusoberfläche konnte kartographiert werden. Dabei lokalisierte man mehrere kontinentähnliche Gebiete wie zum Beispiel Ishtar-Terra mit dem über 10.500 m hohen Maxwell-Gebirge, Aphrodite-Terra, Alpha- und Beta-Regio, mehrere Senken oder Becken und stellte fest, daß 10 Prozent der Venusoberfläche hochliegende Plateaus und Gebirge sind. Aufgrund dieser Untersuchungen vermutet man, daß die vulkanische Aktivität auf der Venus geringer ist als auf der Erde.

Neben Mond und terrestrischen Planeten gibt es aber auch im Reich der Riesenplaneten im Sonnensystem Körper vergleichbarer Größe: die Jupitermonde IO (3632 km), Europa (3162 km), Ganymed (5276 km) und Kallisto (4820 km); der Saturnmond Titan (4900 km), der Neptunmond Triton (rund 4000 km) und der Planet Pluto (etwa 3000 km). Die Raumsonden Voyager 1 und 2 haben die vier großen Jupitermonde eingehend untersucht und eine Unmenge von Daten übermittelt. So zeigt zum Beispiel die dichte Besetzung der Oberfläche von Kallisto mit Kratern an, daß er eine Oberfläche aus der Frühzeit des Sonnensystems bewahrt hat. Ähnliche kraterreiche Gegenden auf dem Mond ergeben ein Alter von 4 Milliarden Jahren und mehr. Die ungewöhnlichste Erscheinung auf Kallisto bildet eine ausgedehnte weiße Fläche mit 600 km Durchmesser, die von mehreren konzentrischen Ringen umgeben ist, deren größter einen Durchmesser von 2600 km hat. Diese Fläche erinnert an das Orientale-Becken auf dem Mond und das Caloris-Becken auf dem Merkur, aber keines von beiden kann so viele konzentrische Ringe aufweisen. Aus der Dichte von Kallisto kann geschlossen werden, daß er aus Eis und Gestein besteht, und vielleicht sind die einzigartigen Eigenschaften dieses großen Beckens auf diese Mischung zurückzuführen.

Die Oberfläche von Ganymed ist jünger als die von Kallisto und die Anzahl der Einschlagkrater scheint ähnlich der der Mond-Maria, woraus auf ein Alter der Oberfläche in der Größenordnung von etwa 3,0 bis 3,9 Milliarden Jahren geschlossen werden kann. Detailaufnahmen zeigen eigenartige Streifenmuster, deren Ursprung gegenwärtig noch ein Rätsel ist, da sie mit nichts auf Mond, Merkur, Mars und Erde ähnlich sind. Auch Nahaufnahmen schaffen keine Abhilfe, da sie nur zeigen, wie die Linienmuster einander unter ziemlich beliebigen Winkeln sich kreuzen, was gegen jede Art von Fließbewegung unter der Wirkung von Schwerkraft spricht. Es wurde deshalb der Vorschlag gemacht, daß sie das Ergebnis einer Art Eistektonik darstellen könnten.

Als sich die Raumsonde Voyager 1 IO und Europa näherte, erwarteten die Wissenschaftler, daß sich auf diesen Monden ebenfalls Einschlagkrater zeigen würden, da sie auf allen anderen fotografierten terrestrischen Körpern die dominierende Erscheinung bilden. Europa hat vielleicht ein paar Einschlagkrater, aber IO hat überraschenderweise sicherlich keine, obwohl eine Anzahl dunkler Flecken auf den Bildern zu sehen sind. Der Schluß, den man daraus ziehen muß ist, daß die Oberfläche der vier Satelliten umso jünger wird, je mehr man sich Jupiter nähert: Kallisto ist am weitaus ältesten, Ganymed ist jünger, Europa noch jünger und IO anscheinend extrem jung. Für die größte Überraschung sorgte allerdings IO, auf deren Oberfläche die Wissenschaftler sieben tätige Vulkane entdeckten. Die dunklen Flecken erwiesen sich auf Nahaufnahmen als Lavaströme. Da die Krater auf IO nicht kreisförmig sind, muß man

hier vulkanischen Ursprung annehmen und nicht Meteoriteneinschläge. Es besteht ferner eine große Ähnlichkeit mit vulkanischen Calderen auf der Erde.

Seltenerweise wurden die Vulkane auf IO wenige Tage vor ihrer Entdeckung in einem Artikel von Peal, Cassen und Reynolds theoretisch vorhergesagt. Die Autoren berechneten, daß die Bahn von IO durch die Monde Europa und Ganymed so stark gestört würde, daß sich dadurch der von Jupiter erzeugte riesige Gezeitenwulst verlagert; durch die dabei entstehende Reibungswärme würde das Innere von IO so stark aufgeheizt, daß das Material dort aufgeschmolzen würde. Dieser andauernde Schmelzprozeß im Innern ließe die Vulkane aktiv bleiben und versetze sie somit in die Lage, die Oberfläche des Mondes ständig zu erneuern, woraus sich ein völliges Fehlen von Einschlagkratern ergäbe.

Die Entdeckung der aktiven Vulkane auf IO gilt als die spektakulärste bisher im Sonnensystem. Sie zeigt, daß die Planetengeologie eine recht junge Wissenschaft ist, die sich rasch entwickelt und in der noch viele Entdeckungen harren. Welche neuen Entdeckungen im System der Saturnmonde gemacht wurden, das soll mit einer abschließenden Wertung im Anhang zum nächsten Mondprotokoll berichtet werden.

Herr K u n e r t dankt unter großem Beifall der Anwesenden den Referenten. Er wies zusätzlich noch darauf hin, daß die Zahl der in der Diskussion befindlichen Saturnmonde inzwischen bei 22 bzw. 24 liegt.

Die Sitzung endet um 21.40.

Die nächste Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER findet am :

M o n t a g , d. 10. M a i 1982, 20 Uhr

im Zeiss-Planetarium (am Fuße des Insulaners) statt.

gez. Freitag, Jahn, Kunert, Mackowiak