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

1000 BERLIN 41 · Munsterdamm 90 · Insulaner · Ruf 7 96 20 29

Protokoll

der

277. Sitzung der

Gruppe Berliner Mondbeobachter

1984 März 12

Beginn: 20.05

Anwesend die Damen: Heyfelder - Wenzel, Sävecke und Schmitz, sowie die Herren: Diastock, von Blanckenburg, Dominik, Freitag, Freydank, Giebler, Hänig, Jahn, Kunert, Liebold, Mackowiak, Voigt, Walter, Wenzel, Wimmer.

Herr Kunert eröffnet die Sitzung und begrüßt die Anwesenden. Er bietet Referate an.

Herr Liebold übernimmt das für ihn vorgesehene Referat. Herr Blanckenburg übernimmt 2 Referate aus den Zeitschriften "ICARUS", 57, 1. Jan. 84, und "THE MOON AND THE PLANETS", 29, 2. Okt. 1983.

Dann erhält Herr Voigt das Wort zu seinem Aufsatz aus der Zeitschrift: "Spektrum der Wissenschaft", 10. Febr. 84, von Torrence V. Johnson und Laurence A. Soderblom.

Herr Voigt bedauert, daß die Dias, die er für dieses Referat vorbereitet hat, bei der Entwicklungsanstalt unauffindbar waren. Er wird dieses Dias beim nächsten Mal gesondert erläutern.

"Vor fast 400 Jahren entdeckte Galilei die vier großen der Familie der Jupitermonde. Ein eigenes kleines Planetensystem. Dem innersten galileischen Mond Io ist eine Abhandlung im "Spektrum der Wissenschaft" Februar 84 gewidmet, die sich mit den Beobachtungsergebnissen der Voyager-Sonden beschäftigt. Besonders die abgebildeten Farbfotos zeigen einen Himmelskörper der wohl einmalig in unserem Sonnensystem existiert.

Während der Frühzeit der Entstehung des Systems bildete Jupiter eine wichtige Energiequelle, die Io stärker aufheizte als heute die Erde von der Sonne erwärmt wird. Hierdurch konnten die nahen Monde Io und Europa keine leichtflüchtigen Substanzen, vor allem Wasser, halten. Es verdampfte schnell, so daß die beiden Monde im wesentlichen aus Gestein mit der Dichte 3,5 bzw. 3 bestehen, während die beiden äußeren Ganymed und Kallisto mit der Dichte 2 eine Mischung aus Wasser und Gestein repräsentieren.

Jo wird durch ihre Nähe zu Jupiter, ihr Bahnabstand entspricht mit 300 000 km etwa der Entfernung Erde - Mond, von diesem stark beeinflusst. Schon bevor Voyager I und II die ersten Nahaufnahmen sendeten, vermutete man vulkanische Aktivitäten

auf Io, da Messungen im Infrarotbereich eine größere Abstrahlung von Wärme ergaben als zu erwarten war. Wie unser Erdmond kehrt Io dem Mutterplaneten stets die gleiche Hälfte zu, hat also eine gebundene Rotation. Durch den Einfluß von Europa oszilliert jedoch der Sub-Jupiter-Punkt und damit der Gezeitenwulst. Dieser Vorgang führt zu starken Aufheizungen durch Reibungswärme und zu stetiger Umwälzung der Oberfläche. Hierin ist auch der Grund zu suchen, warum Einschlagskrater auf Io völlig fehlen. Im Gegensatz zu Io sind auf fast allen von Raumsonden besuchten Himmelskörpern Einschlagskrater mehr oder minder landschaftsbestimmend. Sie sind wahrscheinlich auf das Bombardement durch propianetare Kleinkörper während der Entstehung des Sonnensystems zurückzuführen, das vor ca. 4 Milliarden Jahren endete. Auch auf Io entstanden sicherlich Einschläge deren Spuren jedoch durch stetige Veränderung der Oberfläche verwischt sind.

Während der Vorbeiflüge von Orbiter I und II konnten sehr eindrucksvolle Aufnahmen seiner Oberfläche gewonnen werden, die aktive Vulkane erkennen lassen. Messungen der Oberfläche ergaben bei völliger Abwesenheit von Wasser eine exotische Zusammensetzung aus überwiegend Schwefel und seinen Verbindungen, die ihre Gestaltung außerordentlich vielfarbig erscheinen lassen.

Auf den Bildern sieht man tätige Vulkane, die geysirartig Materie ausschleudern. Pele, der zuerst entdeckte Vulkan, bläst eine 300 km hohe Wolke aus, die konzentrische, gelbe und braune Ablagerungen von 1400 km Durchmesser erzeugen, die wahrscheinlich aus gefrorenem Schwefeldioxyd bestehen. Prometheus zeigt eine Eruptionswolke, die sich schirmartig 100 km hoch erhebt mit einem Durchmesser von 300 km. Die 200 km lange schwarze Lokispalte speit beiderseits helle Fächer aus. Der in der Nähe liegende Loki-See mit einer Oberflächentemperatur von $+27^{\circ}\text{C}$ ist um 170° wärmer als seine Umgebung. Auf seiner Oberfläche schwimmen große Schollen, die größte mit 150 km Durchmesser, die möglicherweise aus elementarem Schwefel bestehen. Eine weitere Caldera, Maasaw Patera mit 50 km Ausdehnung ist 700 m tief mit einem Teileinsturz von 2 km Tiefe. Sie weist Spuren von schwarzen Lavaströmen auf, die sich mehrere 100 km weit erstrecken.

Die unterschiedlichen Färbungen basieren wahrscheinlich auf der eigenartigen Veränderung, die Schwefel bei unterschiedlichen Temperaturen erfährt. Zunächst ist er ein fester gelber Stoff. Bei einer Temperatur von 400°K schmilzt er und wird zu einer Flüssigkeit geringer Viskosität. Durch weiteres Erhitzen färbt sich der flüssige Schwefel zunächst orange und bei 430°K hellrosa.

Dann wechselt die Farbe zu tiefem Rot und er wird dickflüssiger. Bei 500°K sieht er aus wie schwarzer Teer. Ab 600°K beginnt die Viskosität wieder zu sinken bis er ab 650°K wieder dünnflüssig ist, um bei noch höheren Temperaturen zu verdampfen.

Die starken Eruptionen scheinen in größeren Tiefen zu entstehen, in denen die Temperatur recht hoch liegt, während für schwächere Ausbrüche die Ursache in geringeren Tiefen zu liegen scheinen.

Die Abwesenheit von Aufschlagskratern deutet auf eine intensive vulkanische Aktivität hin. Man hat errechnet, daß Io von einer 1mm starken Schicht pro Jahr durch Auswurfmaterial bedeckt wird. Das bedeutet Eruptionen von einigen tausend Tonnen pro Sekunde. In einem Monat würde dieses der Menge entsprechen, die Mt. St. Helens im Mai 1980 bei seinem Ausbruch erzeugte.

Eine nicht geringe Rolle bei der Aufheizung Io's scheint die elektrische Energie zu spielen, die durch Wechselwirkung zwischen der Magnetosphäre Jupiters und dem elektrischen Widerstand Io's erzeugt wird. Voyager Magnetometer zeigen, daß entlang der Feldlinien in der Umgebung von Io ein Strom von ca. 1 Million Ampeere fließt. Dadurch steigt ein Teil des Schwefeldioxyd Ausstoßes, ca. 1 Tonne pro Sekunde, entlang der Jupiter Magnetosphäre auf. Tatsächlich wurde ein Torus von Schwefelionen auf Io's Umlaufbahn entdeckt, die in der Nähe von Io eine

besonders hohe Konzentration aufweisen.

Das nächste Raumfahrzeug zu Jupiter ist Galileo. Start 1986 soll es 1988 Jupiter erreichen. Es wird eine Meßkapsel in die Jupiteratmosphäre abwerfen und eine Instrumentenkapsel soll Jupiter 20 Monate lang umkreisen. Dabei wird Gelegenheit sein, Io's Oberfläche zu kartographieren und vulkanische Veränderungen nachzuweisen.

Herr Voigt erhält großen Beifall, obwohl seine Dias fehlten. Herr Kunert dankt ihm für das Referat und erteilt Herrn Giebler das Wort.

Giebler beginnt mit einer Danksagung an die Damen unserer Verwaltung und Herrn Kunert, weil sie die Aufnahme seines Beitrages zum Protokoll Nr. 176 trotz störender Verspätung mit gewohnter Freundlichkeit zustande gebracht haben.

Die Eilbedürftigkeit seiner Bekanntgabe des Luna-Incognita-Programms der ALPO sieht Giebler vor allem darin, daß damit eine größere Anzahl der für die Beobachtung günstigen Librations-Daten des Jahres 1984 ausgenutzt werden kann. Einen erfreulichen Widerhall hat dieser Protokoll-Anhang auch bereits gefunden. Das Astronomische Büro in Wien beabsichtigt, unsere Ausführungen im "Sternboten" für die österreichischen Interessenten wiederzugeben.

In Dia-Projektion führt Giebler mit der Rühl'schen Mondkarte 1:6.000.000 sowie den bei Breiten-Librationen von $-4^{\circ},3$ bis $-6^{\circ},3$ fotografierten Blättern 13 A, 17 A, 27 A und 28 A des Berliner Mondatlas die südpolaren Mondlandschaften vor, auf die - soweit die Ausführungen des Strolling Astronomer erkennen lassen - das Programm Luna Incognita gerichtet ist.

Schon diese wenigen Bilder zeigen ein massiges Gebirgs-Panorama, in dessen schattigen Tiefen wegen der flachen Sonnen-Einstrahlung nur bei günstigen Librations-Lagen Einblick zu erlangen ist. Hiernach läßt es sich verstehen, daß die ALPO für ihr Kartierungs-Projekt eine große Anzahl von Einzelbeobachtungen benötigt.

Diese äußersten südpolaren Randgebiete sind auch manchem eifrigen Mondbeobachter wegen ihrer recht verwirrenden Erscheinung fremd. Giebler empfiehlt daher, die visuelle Wanderung bei unverwechselbaren Formationen, wie z.B. bei Moretus, Newton, Klaproth/Casatus und dem gewaltigen Bailly oder dessen mehr nördlichen Nachbarn Wilson, Kircher, Bettinus und Zuchius zu beginnen und sich dann bis zum Mond-Rand weiterzutasten. Als vorzügliche Wegweiser können dabei die auf Fotografie beruhenden Karten im "Taschenatlas Mond, Mars, Venus" von Dr. Antonin Rühl dienen.

Giebler empfiehlt nochmals die Teilnahme an dem zweifellos nützlichen Programm Luna Incognita. Brauchbare Beobachtungsergebnisse lassen sich am ehesten erzielen bei Librations-Lagen in weiter Minus-Breite, und von unserem irdischen Standpunkt aus bei hoher Plus-Deklination des Mondes. Diese und weitere Daten können ohne Schwierigkeit aus dem bewährten Ahnert-Kalender ermittelt werden.

Es sei auch noch darauf hingewiesen, daß die instrumentellen Erfordernisse im Rahmen der Amateur-Möglichkeiten bleiben. Seitens der ALPO werden für brauchbare zeichnerische Wiedergaben 10 cm-Refraktoren oder 15-cm-Reflektoren als ausreichend angesehen. Größere Öffnungen (20 cm und mehr) würden besonders dem fotografischen Auflösungs-Vermögen zugute kommen.

Abschließend bedauert Giebler sehr, daß er wegen seines Lebensalters nicht mehr selbst mitmachen kann.

Die Versammelten danken Herrn Giebler mit starkem Beifall.

Jetzt erhält Herr Diastock das Wort zum Bericht über:

"DIE MONDFABRIK"

Es ist die Idee der Mondfabrik, Materialien für Stationen im geostationären

Orbit herzustellen. Ein Transport von der Erde ins geostationäre Orbit ist wesentlich energieaufwendiger als ein Transport vom Mond in den geostationären Erdborbit.

Seit den Mondlandungen wissen wir, daß es auf dem Mond Aluminium, Eisen, Titan, Calcium, Silizium und Sauerstoff in größeren Mengen gibt.

Leistungen der Mondstation:

- 1) Brennstoffe und Einzelteile für Raumstationen und Weltraumkraftwerke
- 2) Brennstoffe (O_2 , Al und H_2)
- 3) Lagerung von radioaktiven Abfällen
- 4) Forschungsstationen auf dem Mond
- 5) bemannte Expeditionen zu anderen Himmelskörpern
- 6) Erstellung weiterer extraterrestrischer Fertigungsstellen.

Teilmarkt Weltraumkraftwerke

Es wird mit einem Bedarf von 111 Weltraumkraftwerken (Aufbau in 50 Jahren) gerechnet. (Leistung insgesamt: 500 GW, 10 % des Strombedarfs). Im Schnitt müßten pro Station etwa 40.000 - 50.000 t geliefert werden. Hiervon könnten 40 % (im 1. Jahr) - 90 % (im 50. Jahr) von der Mondstation geliefert werden. Das entspräche 20.000 - 100.000 t Material. Der benötigte Treibstoff könnte zum größten Teil auch vom Mond geliefert werden. (H_2-O_2 Antriebe; O_2 vom Mond; H_2 von der Erde).

Der Bedarf läge pro Jahr zwischen 20.000 t (1. Jahr) und 310.000 t (50. Jahr) O_2 .

Es wird für alle Antriebe lediglich die heutige Technik vorausgesetzt. Andere Raumtreibstoffe oder nichtchemische Antriebe werden nicht berücksichtigt.

Da der Anteil der Raumtransportkosten an den Gesamtkosten bei etwa 68 % liegt, ist ein effektiver Transporter besonders wichtig.

Nach den Plänen soll ein 3-stufiger voll wiederverwendbarer Transporter mit einer Nutzlast von 125 T (bis Mondorbit) und einem Startgewicht von 9000 t benutzt werden.

	Saturn 5
Nutzlast: 125	44 t
Startgewicht: 9000 t	3.500 t

Der Transport zwischen dem Mond und dem geostationären Orbit erfolgt dann durch eine Fähre, die im Mondorbit aufgetankt wird, mit einer Nutzlast von 100 t.

Teile der Mondfabrik

1) Oberflächen-Minerallager

Abbau mittels Schaufelbaggern

mechanische und chemische Aufbereitung

Hütten und Walzwerk

Fertigungswerkstatt

Herstellung einfacher Einzelprodukte

Montagehalle

kompliziertere, arbeitsintensivere Produkte werden hergestellt,
teilweise zusammen mit importierten Bauteilen.

2) Gaserzeugung

Schaffung von unterirdischen Kavernen für die Gaserstellung mittels
Atombomben. In diesen Kavernen werden dann bei 1.500 K, Gase aus
Mondstaub freigesetzt (Sauerstoff). Diese Gase werden dann ver-
flüssigt und den Verbrauchern zugeführt.

3) Energieversorgung

a) Von der Oberfläche

Mit Solar- und Kernkraft

b) Von einem Weltraumkraftwerk im neutralen Punkt zwischen Erde und Mond (60.000 km Abstand vom Mond).

Die hier gewonnene Solarenergie wird mittels eines Lasers zur
Oberfläche des Mondes geschickt. Diese Station deckt die Hälfte
des Energiebedarfes der Mondstation.

4) Infrastruktur

Abraumlager (Schutt aus den Bergwerken wird gelagert)

Mondflughafen

Zentrallager (Lager für alle importierten und exportierten Güter)

Zentralwerkstatt (Wartung und Reparatur der Mondstation, von Raum-
fahrzeugen und Erweiterung der Mondbasis)

Fahrbereitschaft (Oberflächenfahrzeuge, Wartung, Einsatzkontrolle)

Kontrollzentrum (Leitung, Planung, Verwaltung und Kommunikationszentrum)

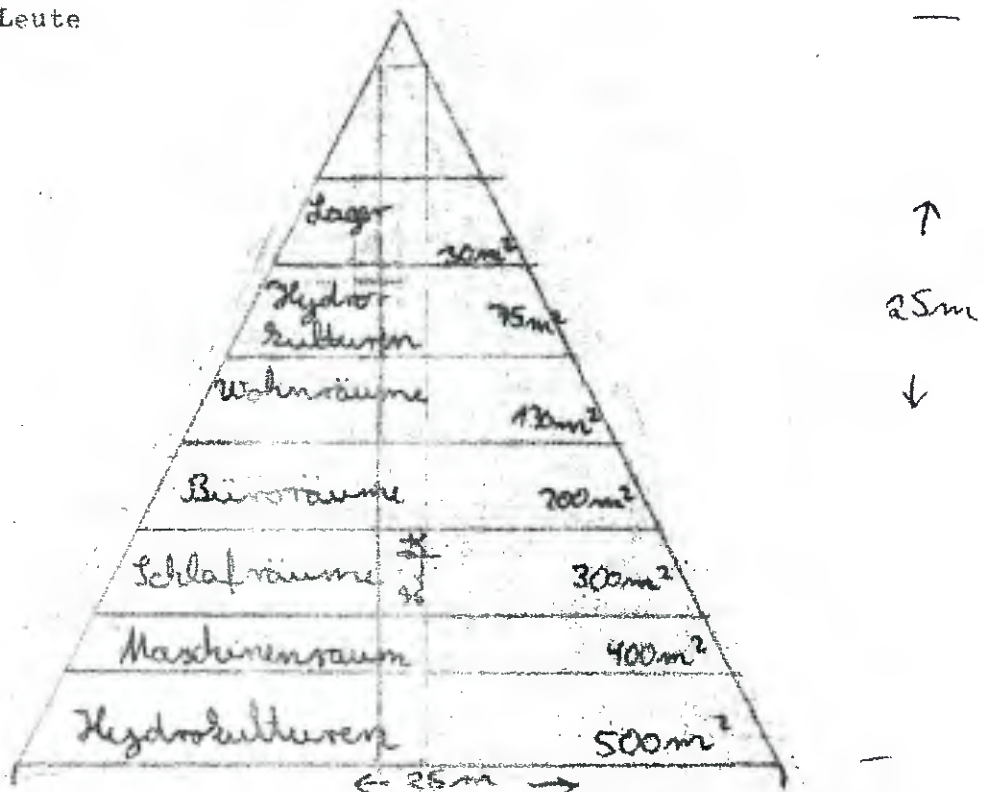
Zentralhotel (Schla.- und Aufenthaltsräume für die Besatzung)

Mondfarm (Nahrungsmittelerzeugung, Tierhaltung, Gärtnerei teilweise
in die Wohnanlagen integriert).

Das Modell für diese Mondstation wurde an der TU Berlin entwickelt.

Wohnereinheit

Für 10 - 15 Leute



Am Anfang müßten etwa 7.000 t Material zum Mond gebracht werden. Nach 50 Jahren würde die Station dann aus etwa 1.800 t bestehen. Der Personalbedarf würde am Anfang bei 250 Leuten liegen und auf 900 steigen. Die jährlichen Importe liegen zwischen 1.500 t und 5.000 t. Hinzu kommt noch der Wasserstoff, den es auf dem Mond kaum gibt, und der daher von der Erde geliefert werden muß. Er macht etwa 85% des Transportvolumens aus.

Ein solcher Großraumtransporter müßte jährlich 272 Flüge machen. Hinzu kommen noch 328 Flüge von der Erde ins geostationäre Orbit. Insgesamt also etwa 600 Flüge pro Jahr.

Bei der Preisberechnung merkt man bald, daß einfache Produkte wie Flüssigsauerstoff im Vorteil sind gegenüber komplexeren Produkten, bei denen der Import von der Erde möglicherweise billiger ist.

Ein Kilogramm zum Mond zu schaffen, kostet zwischen 220 und 100 Dollar (1970 10.000 Dollar/kg).

Ein Rundflug würde 500.000 - 140.000 Dollar kosten. Touristenreisen zum Mond sind demnach unwahrscheinlich.

Anfangsinvestition	16 Milliarden Dollar
Jahresumsatz	1,5 Milliarden Dollar
Anteil der Raumtransportkosten an den Gesamtkosten	68 %
Exportgüter pro Jahr	70.000 t
+ Flüssigsauerstoff	200.000 t
Importbedarf	3.500 t
Anteil des Exports für geostationäre Kraftwerke	61 %
Nahrungsmittelerzeugung	220 t
Eigenversorgungsanteil	0,3

Die jährlichen Angaben sind auf das 25. Jahr bezogen.

Auch dieses Referat erhält starke Zustimmung der Anwesenden.

Herr K u n e r t dankt allen Referenten und Diskussionsteilnehmern und schließt die Sitzung um 21.20 Uhr.

Die nächste Sitzung der Gruppe Berliner Mondbeobachter findet am:

M o n t a g , dem 14. M a i 1984, um 20 Uhr

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

gez.

Biastock, Giebler, Hänig, Kunert, Voigt.