



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1972 · Dr. Siegfried Marx	1
Bericht über die 34. Jahrestagung der Meteoritical Society · Karl-Heinz Neumann	7

Amateure beobachten und berichten

Höhenbestimmung von Oberflächenformen auf dem Mond aus Fernrohrbeobachtungen · Rolf Quellmalz	11
Bildseiten	I—IV
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	20

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Exkursion nach Moskau und Leningrad — Ergebnis des Fotowettbewerbs anlässlich der sowjetischen Kosmosausstellung in Karl-Marx-Stadt	23
Kepler-Ehrung in Halle	24

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Die Weltraumforschung und die Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization — WMO) · Dr. Harry Fellhauer	25
Neue Informationen über das Fernmeldesatelliten-Programm „Symphonie“ und einige Länderberichte	32

Aus der Literatur

Weitere Moleküle im interstellaren Raum gefunden — Sonne und menschlicher Organismus	3. Umschlagseite
Kontakt mit außerirdischen Zivilisationen ?	4. Umschlagseite

Redaktionschluß 20. 11. 71

Die Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“, 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, sucht aus den Kreisen der nicht berufstätigen Interessenten in Berlin eine redaktionelle Hilfskraft für stundenweise Beschäftigung (nach Vereinbarung).

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4–6; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohnstraße 36/37; Heinz Mielke, 1808 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4297 44/45.
„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.
Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/68 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.
Satz und Druck: IV/10/6 Druckhaus Freiheit Halle.

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1972

Dr. SIEGFRIED MARX

In dem folgenden Beitrag soll ein kurzer Überblick über einige Erscheinungen am Sternenhimmel gegeben werden, wie sie 1972 mit dem bloßen Auge oder kleinen optischen Hilfsmitteln gesehen werden können. Die Kenntnis solcher Daten ermöglicht es, sich auf eine Beobachtung vorzubereiten und dadurch die ganze Vielfalt, die in vielen Himmelserscheinungen enthalten ist, auch zu erkennen. Von der richtigen Vorbereitung der Beobachtung hängt oft das Ergebnis überhaupt ab, da es sich bei den Himmelserscheinungen häufig um zeitlich begrenzte Vorgänge handelt. In unseren geographischen Breiten wird die im Vorgang selbst liegende zeitliche Begrenzung oft noch durch schlechte Witterungsbedingungen weiter eingesengt, wodurch der Beobachtungsvorbereitung noch höhere Bedeutung zufällt.

1. Finsternisse

Im Jahre 1972 finden 4 Finsternisse statt. Es handelt sich um eine ringförmige Sonnenfinsternis am 16. Januar, eine totale Mondfinsternis am 30. Januar, eine totale Sonnenfinsternis am 10. Juli und eine partielle Mondfinsternis am 26. Juli.

1.1 Die ringförmige Sonnenfinsternis vom 16. Januar ist auf der Nordhalbkugel der Erde nicht sichtbar. Das Sichtbarkeitsgebiet umschließt die Antarktis und berührt nur die Südspitze von Südamerika und den australischen Erdteil. Zur ringförmigen Verfinsterung der Sonne kommt es, weil die Erde der Sonne nahe ist (der Winkeldurchmesser der Sonne ist groß) und der Mond der Erde auf seiner Ellipsenbahn fern steht (Winkeldurchmesser des Mondes klein). Der Winkeldurchmesser der Sonne ist zum Zeitpunkt der Verfinsterung um 70 Bogensekunden größer als der des Mondes. Der zeitliche Verlauf der Erscheinung ist folgender:

Januar 16. 9^h45^m9 Beginn der Finsternis

Januar 16. 11^h33^m2 Mitte der Finsternis

Januar 16. 14^h20^m8 Ende der Finsternis

1.2 Die etwa 2 Wochen später am 30. Januar stattfindende totale Verfinsterung des Mondes ist in Europa ebenfalls nicht sichtbar. Die günstigsten Beobachtungsmöglichkeiten gibt es vom Gebiet des Stillen Ozeans und von Nordamerika aus, denn von hier kann man das Ereignis von Anfang bis Ende verfolgen.

Der zeitliche Verlauf der Finsternis ist gegeben durch:

Januar 30. 9^h 27^m3 Eintritt des Mondes in den Halbschatten

Januar 30. 11^h35^m8 Beginn der Totalität

Januar 30. 11^h54^m1 Mitte der Finsternis

Januar 30. 12^h12^m2 Ende der Totalität

Januar 30. 14^h45^m9 Austritt des gesamten Mondes aus dem Halbschatten

1.3 Die totale Sonnenfinsternis vom 10. Juli ist am günstigsten im nördlichen Teil von Nordamerika und im Gebieten des Atlantischen Ozeans zu beobachten. Europa wird gerade noch von den Randzonen der Erscheinung erfaßt. Das betrifft allerdings auch nur noch die Britischen Inseln und Skandinavien. Die Totalitätszone ist aber auch von hier aus nicht sichtbar. Da es sich um eine totale Sonnenfinsternis handelt, ist der Winkeldurchmesser des Mondes jetzt größer als der der Sonne. Die Finsternis findet nur drei Tage nach der Perigäumsstellung des Mondes statt, während sich die Erde in großer Entfernung von der Sonne aufhält. Dadurch übertrifft der Winkeldurchmesser des Mondes den der Sonne um 48,8 Bogensekunden. Das gesamte Ereignis dauert etwa 5 Stunden, wie die folgende Aufstellung zeigt:

Juli 10. 18^h19^m8 Beginn der Finsternis

Juli 10. 20^h29^m1 Mitte der Finsternis

Juli 10. 23^h13^m7 Ende der Finsternis

1.4 Auch die vierte Finsternis des Jahres ist vom Gebiet der DDR aus nicht zu beobachten. Es handelt sich um die partielle Verfinsterung des Mondes vom 26. Juli. Die besten Möglichkeiten für Beobachtungen liegen auf der Südhalbkugel der Erde. In der größten Phase tritt die Mondscheibe

zu 55 % in den Kernschatten der Erde ein. Der Zeitpunkt der maximalen Phase kann aus folgenden Angaben entnommen werden:

Juli 26. 5^h38^m3 Einritt des Mondes in den Halbschatten
 Juli 26. 6^h55^m9 Einritt des Mondes in den Kernschatten
 Juli 26. 8^h16^m3 Mitte der Finsternis
 Juli 26. 9^h36^m9 Austritt des Mondes aus dem Kernschatten
 Juli 26. 10^h54^m3 Austritt des Mondes aus dem Halbschatten

Im Jahr 1972 finden insgesamt vier Finsternisse statt, von denen aber keine vom Gebiet der DDR aus beobachtet werden kann.

2. Planetensichtbarkeiten

Die Sichtbarkeitsmöglichkeiten der Planeten hängen in erster Linie vom Winkelabstand der Körper von der Sonne auf der Ekliptik ab. Von gewissem Einfluß ist aber auch, ob der Planet eine geringere oder größere Deklination als die Sonne hat. Das spielt vor allem eine Rolle, wenn die Objekte der Sonne auf der Ekliptik relativ nahe stehen und die Auf- bzw. Untergangszeiten von Sonne und Planet nur wenig differieren. Dann geht in diese Überlegungen — auch das gilt in erster Linie wieder für Objekte in Sonnennähe — noch der Winkel zwischen Ekliptik und Horizont ein, der sich im Laufe des Jahres ändert. Für Objekte, die große Winkelabstände von der Sonne erreichen — im günstigsten Falle Oppositionstellungen der äußeren Planeten —, sind diese Betrachtungen nicht von so entscheidender Bedeutung.

2.1 Die Sichtbarkeitsmöglichkeiten des Merkur sind wegen seiner engen Bahn um die Sonne und der damit verbundenen geringen maximalen Winkelabstände von der Sonne am ungünstigsten von allen großen Planeten, obwohl der Merkur nach der scheinbaren Helligkeit zu den hellsten Objekten des Nachthimmels gehört, denn er erreicht sogar negative Größenklassenwerte. Der sonnennächste Planet kann bei günstigen Bedingungen in den ersten Tagen des Jahres noch gesehen werden, dann eventuell um den 1. Mai und in den ersten Tagen des Juli. Seine größte Elongation erreicht er am 28. April mit 27° westlich der Sonne. Das bedeutet, daß er der Sonne auf der Tagesbahn vorherläuft und somit vor Sonnenaufgang am östlichen Morgenhimmel erscheint. In dieser Zeit nimmt seine scheinbare Helligkeit schnell zu von +1 Größenklasse am 20. April auf —0,4 Größenklassen am 18. Mai. Am 10. Juli erreicht er mit 26° Winkelabstand seine größte östliche Elongation. In dieser

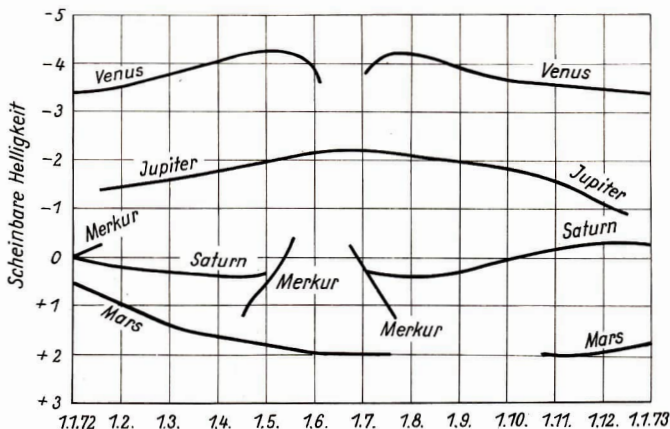


Abb. 1: Scheinbare Helligkeiten der Planeten in ihren Sichtbarkeitsperioden.

Periode nimmt die scheinbare Helligkeit aber, wie in Abb. 1. zu sehen ist, schnell ab, was für die Sichtbarkeitsmöglichkeiten nachteilig ist. Größte östliche Elongation heißt, daß der Planet nach der Sonne unter- und aufgeht, also Sichtbarkeitsmöglichkeiten am westlichen Abendhimmel bestehen. 2.2 Die Venus erreicht am 17. Juni um 16 Uhr ihre einzige Konjunktionsstellung des Jahres und ist nur um diese Zeit herum nicht zu beobachten. Sonst ist sie während des gesamten Jahres sichtbar. Dabei befindet sie sich im ersten Halbjahr östlich der Sonne und zeigt sich somit am Abendhimmel. Ihre größte östliche Elongation hat sie mit 46° Winkelabstand zur Sonne am 8. April. In der zweiten Jahreshälfte befindet sie sich dann westlich der Sonne mit der größten westlichen Elongation (ebenfalls 46°) am 27. August. Ihre größten scheinbaren Helligkeiten zeigt die Venus, wie aus Abb. 1 auch zu entnehmen ist, am 11. Mai und am 24. Juli.

2.3 Der Mars ist das ganze Jahr über rechtläufig, d. h. bewegt sich in der gleichen Richtung wie die Sonne durch die Ekliptik. Die Beobachtung einer Marsschleife wie im Jahr 1971 ist also 1972 nicht möglich. Die scheinbare Helligkeit des Planeten nimmt weiterhin kontinuierlich ab. Sie fällt von 0,5 Größenklassen am Jahresanfang auf 2 Größenklassen im Juni. Da der Planet dann am 7. September in Konjunktion mit der Sonne steht, kann er einige Zeit überhaupt nicht gefunden werden. Zum Jahresende hin nimmt seine scheinbare Helligkeit dann wieder zu, seine Beobachtungsmöglichkeiten werden wegen des wachsenden Abstandes zur Sonne wieder besser. Vor der Konjunktion hält er sich auf der Ekliptik östlich der Sonne auf und geht nach ihr unter. Wenn er nach der Konjunktion wieder in eine neue Sichtbarkeitsperiode kommt, erscheint er vor der Sonne am östlichen Morgenhimmel. Am 1. Mai und 14. September bedeckt Mars den Antares (α Sco).

2.4 Die Sichtbarkeitsperiode des Jupiter beginnt etwa in den letzten Januartagen. Anfangs geht der Planet noch wenig, später immer mehr vor der Sonne auf. Am 24. Juni erreicht er dann seine Oppositionsstellung zur Sonne. Danach verschlechtern sich seine Beobachtungsmöglichkeiten wieder. Zum Jahresende unterscheidet sich die Untergangszeit des Planeten dann so wenig von der der Sonne, daß er nicht mehr gefunden werden kann.

Als äußerer Planet beschreibt der Jupiter natürlich eine ähnliche Bewegung wie der Mars. Die „Schleife“ des Jupiter ist allerdings wesentlich kleiner. In Abb. 2 ist sie in ihrem zeitlichen Verlauf wiedergegeben. Leider befindet sich der Jupiter zu diesem Zeitpunkt bei geringen Deklinationen (unter -20°), was seine Beobachtung erschwert, denn seine Kulminationshöhen liegen wegen der geringen Deklination unter 20° . Trotzdem sollte der eine oder andere Amateur — und sei es nur zur Übung — versuchen, die „Jupiterschleife“ beobachterisch zu erkennen.

2.5 Der Saturn steht am 31. Mai in Konjunktionsstellung mit der Sonne und ist demzufolge von Mitte April bis Mitte Juni nicht sichtbar. Seine günstigsten Beobachtungsmöglichkeiten ergeben sich im Dezember 1972, denn am 9. Dezember kommt er in die Oppositionsstellung. Da er zu diesem Zeitpunkt eine Deklination von 21° hat, kulminiert er bei etwa 60° Höhe über dem Horizont.

2.6 Die Helligkeit des am 13. März 1781 von Herschel gefundenen Uranus schwankt je nach Abstand zur Erde zwischen 5,5 und 6,3 Größenklassen, d. h., er kann gerade noch mit dem bloßem Auge gesehen werden, wenn der Beobachter seinen Standort unter den Sternen genau kennt. Am 6. April

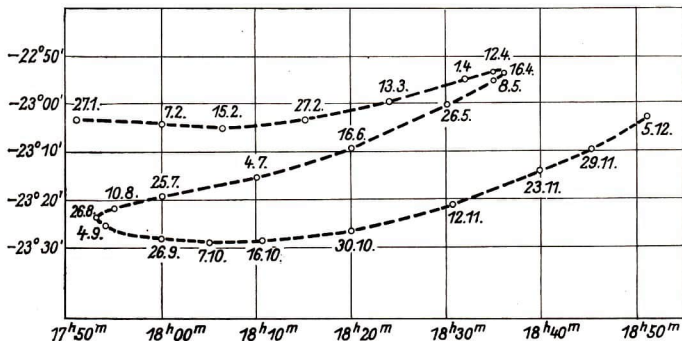


Abb. 2: Bewegung des Jupiter 1972.

steht er in Opposition, am 11. Oktober in Konjunktion zur Sonne. Die erste Jahreshälfte ist also für die Uranusbeobachtung die geeignetere. Seinen Standort unter den Fixsternen verändert er nur um 32 Minuten in Rektaszension und um $1^{\circ}5$ in Deklination. Um seine Auffindung, zu der ein Feldstecher gute Dienste leistet, zu erleichtern, ist sein Ort für 1972 in Abb. 3 skizziert.

2.7 Neptun erreicht in der Opposition zur Sonne nur eine Helligkeit von 7,5 Größenklassen und ist damit ein ausgesprochen teleskopisches Objekt. Er wurde auf Grund von theoretischen Rechnungen 1846 von Galle gefunden. Da er einen noch größeren Abstand von der Sonne und der Erde hat als der Uranus, hält er seinen Ort unter den Fixsternen während des Jahres noch besser ein als dieser. Seine

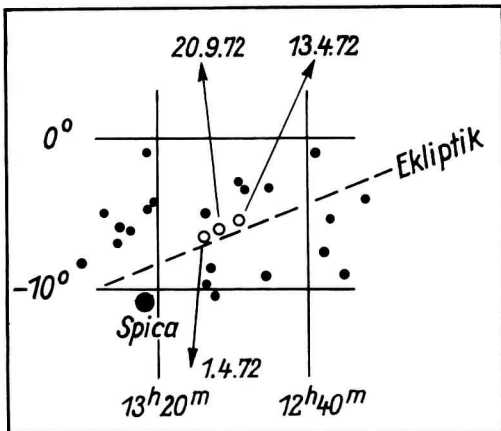


Abb. 3:
Stellung des Uranus
1972 im Sternbild
Jungfrau zu 3 ver-
schiedenem Zeitpunk-
ten.

Rektaszensionsänderungen betragen maximal 15 Minuten, seine Deklinationsänderungen 45 Bogenminuten. Er befindet sich nördlich des Sternes Antares im Skorpion. Er erreicht also selbst in der Kulmination keine großen Höhen, was seine Beobachtung ebenfalls noch erschwert (Kulminationshöhen bei 20°). In Konjunktion zur Sonne steht er am 27. November. Damit ist klar, daß auch für ihn in der ersten Jahreshälfte die besseren Beobachtungsmöglichkeiten gegeben sind. In der folgenden Tabelle sind für einige Tage des Jahres seine Koordinaten mitgeteilt. Die Zwischenwerte lassen sich leicht durch Interpolation finden.

Datum	Rektaszension	Deklination	Bemerkungen
Januar 1.	$16^{\text{h}}09^{\text{m}}42^{\text{s}}$	$-19^{\circ}23'13''$	
Februar 1.	$16^{\text{h}}13^{\text{m}}06^{\text{s}}$	$-19^{\circ}31'15''$	
März 7.	$16^{\text{h}}14^{\text{m}}34^{\text{s}}$	$-19^{\circ}33'11''$	Stillstandspunkt
April 1.	$16^{\text{h}}13^{\text{m}}53^{\text{s}}$	$-19^{\circ}30'14''$	
Mai 1.	$16^{\text{h}}11^{\text{m}}30^{\text{s}}$	$-19^{\circ}23'03''$	
Mai 25.	$16^{\text{h}}08^{\text{m}}54^{\text{s}}$	$-19^{\circ}15'58''$	Opposition
Juli 1.	$16^{\text{h}}05^{\text{m}}04^{\text{s}}$	$-19^{\circ}06'22''$	
August 1.	$16^{\text{h}}03^{\text{m}}14^{\text{s}}$	$-19^{\circ}02'46''$	
August 14.	$16^{\text{h}}03^{\text{m}}02^{\text{s}}$	$-19^{\circ}02'58''$	

2.8 Der Vollständigkeit halber soll auch der Standort des Pluto mitgeteilt werden, obwohl seine Beobachtung bereits sehr schwierig ist, denn er erreicht nur eine Helligkeit von 15 Größenklassen. Das ist auch der Grund dafür, daß dieser Planet erst am 18. 2. 1930 entdeckt wurde. Er durchläuft am 21. März die Oppositionsstellung und am 24. September die Konjunktionsstellung zur Sonne. Er steht z. Z. erheblich nördlich der Ekliptik.

Datum	Rektaszension	Deklination	Bemerkungen
Januar 1.	12 ^h 32 ^m 44 ^s	14°11'41''	
Januar 12.	12 ^h 32 ^m 54 ^s	14°18'06''	Stillstandspunkt
März 21.	12 ^h 28 ^m 45 ^s	15°11'13''	Opposition
Mai 3.	12 ^h 24 ^m 48 ^s	15°30'04''	
Juni 16.	12 ^h 23 ^m 00 ^s	15°20'53''	Stillstandspunkt

3. Kleine Planeten

Die Bewegungen der kleinen Planeten verlaufen von der Erde aus gesehen im Prinzip genauso wie die der großen Planeten. Wegen ihres im Vergleich zu den großen Planeten geringen Durchmessers erreichen sie aber nur kleine scheinbare Helligkeiten und sind daher schwer zu beobachten.

Mit relativ einfachen optischen Hilfsmitteln nachweisbare scheinbare Helligkeiten haben lediglich die kleinen Planeten Ceres, Pallas, Juno und Vesta. Für diese vier Objekte ist in Abb. 4 der Verlauf der scheinbaren Helligkeit für 1972 eingetragen. Die folgenden Tabellen geben die Koordinaten für den gleichen Zeitraum wieder. Mit Hilfe dieser Angaben kann sich jeder den Ort des Objektes vor der Beobachtung in eine Sternkarte eintragen; aus der Abb. kann er entnehmen, ob seine optischen Hilfsmittel eine Beobachtung auch tatsächlich zulassen.

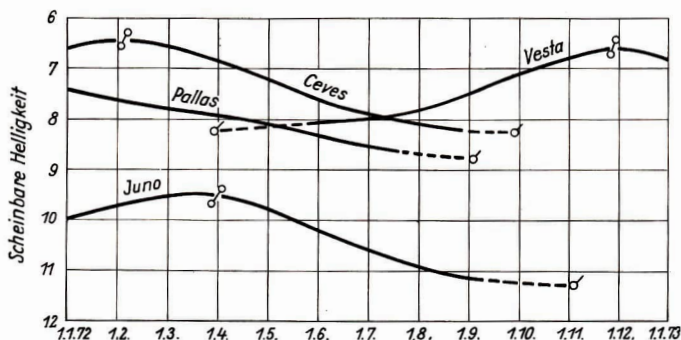


Abb. 4: Scheinbare Helligkeiten der kleinen Planeten Ceres, Pallas, Juno, Vesta, mit den Zeitpunkten der Konjunktion und der Opposition.

Objekt	Datum	Rektaszension	Deklination	Bemerkungen
Ceres	Januar 1.	9 ^h 53 ^m 45 ^s	24°40'17''	
	Februar 5.	9 ^h 33 ^m 01 ^s	29°29'04''	Opposition
	März 1.	9 ^h 11 ^m 07 ^s	31°22'46''	
	März 25.	9 ^h 02 ^m 13 ^s	31°01'18''	Stillstand
	Mai 1.	9 ^h 19 ^m 59 ^s	27°42'48''	
	Juli 1.	10 ^h 36 ^m 05 ^s	18°33'26''	
	September 1.	12 ^h 11 ^m 54 ^s	6°51'42''	
Pallas	Oktober 11.	13 ^h 16 ^m 37 ^s	— 0°44'43''	Konjunktion
	Januar 1.	3 ^h 54 ^m 07 ^s	— 30°24'27''	
	Januar 11.	3 ^h 52 ^m 08 ^s	— 28°26'05''	Stillstand
	März 1.	4 ^h 26 ^m 55 ^s	— 15°19'58''	
	Mai 1.	6 ^h 12 ^m 09 ^s	— 01°07'19''	
	Juli 1.	8 ^h 22 ^m 54 ^s	04°26'12''	
	September 2.	10 ^h 33 ^m 56 ^s	02°19'30''	Konjunktion

Objekt	Datum	Rektaszension	Deklination	Bemerkungen
Juno	Januar 1.	12 ^h 58 ^m 02 ^s	— 04°53'52''	
	Februar 11.	13 ^h 17 ^m 21 ^s	— 04°08'42''	Stillstand
	März 1.	13 ^h 13 ^m 29 ^s	— 02°16'11''	
	April 1.	12 ^h 53 ^m 02 ^s	02°02'39''	Opposition
	Mai 1.	12 ^h 32 ^m 23 ^s	05°18'52''	
	Mai 25.	12 ^h 26 ^m 19 ^s	06°06'07''	Stillstand
	Juli 1.	12 ^h 37 ^m 57 ^s	04°35'06''	
	September 1.	13 ^h 33 ^m 43 ^s	— 01°30'22''	
	Oktober 15.	14 ^h 27 ^m 09 ^s	— 06°12'33''	
	November 6.	14 ^h 55 ^m 58 ^s	— 08°13'41''	Konjunktion
Vesta	März 30.	00 ^h 43 ^m 07 ^s	— 00°51'27''	Konjunktion
	Mai 1.	01 ^h 37 ^m 52 ^s	04°40'06''	
	Juli 1.	03 ^h 18 ^m 24 ^s	12°33'24''	
	September 1.	04 ^h 41 ^m 07 ^s	15°48'22''	
	Oktober 12.	05 ^h 03 ^m 37 ^s	15°43'26''	Stillstand
	November 1.	04 ^h 58 ^m 02 ^s	15°24'50''	
	November 30.	04 ^h 31 ^m 47 ^s	15°05'50''	Opposition
	Dezember 30.	04 ^h 03 ^m 46 ^s	15°30'49''	

Wie aus Abb. 4 und den Tabellen zu erkennen ist, sind für Ceres, Pallas und Juno in der ersten Jahreshälfte Beobachtungsmöglichkeiten vorhanden, für den kleinen Planeten Vesta in der zweiten Jahreshälfte.

4. Kometen

Auch im Jahre 1972 sind wieder einige periodische Kometen in ihrer Wiederkehr zu erwarten. In der nachfolgenden Tabelle werden die Perihelzeitpunkte, d. h. die Zeitpunkte der größten Sonnennähe gegeben. Da die Kometenbahnen sehr langgestreckte Ellipsen sind, von denen nur ein kleiner Teil durch die Beobachtung in der Perihelnähe erfaßt werden kann, sind Störungen in großer Sonnenferne möglich, die dazu führen können, daß die hier angegebenen Zahlenwerte nach dem nächsten Periheldurchgang korrigiert werden müssen, oder daß der nächste Periheldurchgang nicht exakt entsprechend der hier mitgeteilten Werte stattfindet. Erwartet werden 1972 folgende Objekte im Periheldurchgang:

Komet	Umlaufperiode um die Sonne in Jahren	Perihelabstand von der Sonne in Astronomischen Einheiten	Perihelzeitpunkt
Holmes	7,05	2,16	Januar 1972
Gripp-Skjellerup	5,12	1,00	März 1972
Neujmin	10,57	0,86	Juni 1972
Tempel 1	5,50	1,50	Juli 1972
Giacobini	6,41	0,93	August 1972
Tempel 2	5,26	1,37	November 1972

Die verwendeten Daten wurden dem astronomischen Jahrbuch der UdSSR für 1972 entnommen.

5. Besondere Planetenkonstellation im April 1972

Im April 1972 kommt es im Sternbild Stier zu einer besonderen Planetenkonstellation. Es tritt der seltene Fall ein, daß drei Planeten (Venus, Mars, Saturn) dicht beieinander beobachtet werden können. Sie befinden sich in ihrer rechtläufigen Bewegungsphase.

Da Saturn der langsamste der beteiligten Planeten ist, wird er von den anderen überholt. Die größte Annäherung zwischen Mars und Saturn findet bereits am 1. April statt, der geringste Abstand beträgt dann 3°. Am 8. April wird Saturn von der Venus in 5° Abstand überholt, am 22. April zieht Venus dann auch am Mars vorbei, wobei der geringste Abstand zwischen ihnen 3° beträgt.

Interessant ist für diese Planetenkonstellation noch die Beobachtung des Mondlaufes. Der Mond hat eine noch höhere Winkelgeschwindigkeit und überholt die drei Planeten. Am Abend des 16. April kann man Saturn nahe der schmalen Mondsichel finden; der Mond ist erst drei Tage alt. Der Zeitpunkt der geringsten Entfernung zwischen ihnen (15 Uhr) verwehrt leider die Sichtbarkeit des Er-

eignisses. Das gleiche gilt auch für die Annäherung des Mondes an Mars und Venus. Am 17. April um 3 Uhr beträgt der Winkelabstand zwischen Mond und Venus nur 0,1°, und um 5 Uhr hat sich der Mond dem Mars bis auf 3° genähert.

Für alle interessierten Beobachter werden nachfolgend die Koordinaten der Planeten für den April mitgeteilt.

Planet	Datum	Rektaszension	Deklination
Venus	1972 März 25.	3h06m09s	19° 58 18
	April 5.	3h52m51s	23° 27 30
	10.	4h13m41s	24° 42 20
	15.	4h34m02s	25° 43 48
	20.	4h53m41s	26° 31 42
	25.	5h12m20s	27° 06 10
Mars	1972 März 25.	3h44m25s	20° 47 34
	April 1.	4h03m34s	21° 47 03
	5.	4h14m36s	22° 17 17
	10.	4h28m28s	22° 51 05
	15.	4h42m24s	23° 20 22
	20.	4h56m25s	23° 45 00
	20.	4h56m25s	23° 45 00
	25.	5h10m29s	24° 04 54
Saturn	1972 März 25.	4h01m33s	18° 55 32
	April 5.	4h05m52s	19° 09 52
	15.	4h10m15s	19° 23 32
	25.	4h15m01s	19° 37 26
Mond	1972 April 16., 16 Uhr	4h16m08s	25° 26 09
	April 16., 20 Uhr	4h26m58s	25° 42 58
	April 17., 00 Uhr	4h37m48s	25° 56 43
	April 17., 3 Uhr	4h45m55s	26° 05 00
	April 17., 6 Uhr	4h54m02s	26° 11 34

Bericht über die 34. Jahrestagung der Meteoritical Society

KARL-HEINZ-NEUMANN

Erstmals fand eine Jahrestagung der amerikanischen Meteoritical Society außerhalb der Vereinigten Staaten statt. Vom 20. bis zum 28. August 1971 tagte die Vereinigung in Tübingen, BRD. Dieser Tagungsort war deshalb gewählt worden, weil am Mineralogischen Institut der Universität Tübingen, welches unter der Leitung von Prof. Dr. W. von Engelhardt steht, zahlreiche Mondbodenproben der amerikanischen Apollo-Unternehmen untersucht worden sind. In zwei getrennten Sektionen wurden vornehmlich von USA-Wissenschaftlern rd. 100 Vorträge gehalten. An einem Tage wurde das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg aufgesucht, und an zwei Tagen führten die Teilnehmer eine Exkursion in das Nördlinger Ries durch. Den Abschluß der Tagung bildete eine Exkursion in die CSSR, in das Fallgebiet der Moldavite. Es nimmt nicht Wunder, daß das Nördlinger Ries die Teilnehmer interessierte. Die beiden amerikanischen Forscher Shoemaker und Chao hatten 1960/1961 in diesem riesigen Talkessel sehr umfangreiche Untersuchungen ausgeführt. Im Ergebnis konnten sie endgültig nachweisen, daß dieser Talkessel nicht vulkanischen Ursprungs ist, sondern daß er durch den Aufprall eines kosmischen Körpers entstand. Eine Reihe von Vorträgen dieser Tagung beschäftigten sich deshalb mit der Ries-Problematik.

Nach den augenblicklichen Vorstellungen ist das Ries vor rund 20 Millionen Jahren durch den Aufprall eines Kometen, der einige hundert Meter Durchmesser hatte, entstanden. Das Ries ist ein relativ flacher Krater. Der amerikanische Geologe Dr. David Roddy vom US-Geological Survey, Flagstaff-Arizona, legte weiteres Beweismaterial dazu in seinem Beitrag vor. Nachgewiesen werden konnte, daß die Gesteine im Untergrund dieses Talkessels eine besondere kristalline Struktur zeigen. Diese Struktur kann man auch künstlich erzeugen, wenn man Siliziumoxyd Drucken von 120 bis 300 kbar aussetzt. Bei vulkanischen Erscheinungen, bei Erdbeben oder bei Faltungsprozessen treten derartige Drucke nicht auf. Sie können nur beim Aufprall kosmischer Körper auf die Erdoberfläche entstehen. Diese Untersuchungen über stoßwellendeformiertes

Gestein ermöglichen es auch, relativ alte Meteoritenkrater als solche nachzuweisen. So gelang es in den letzten 10 bis 15 Jahren, mehr als 50 derartiger Einschlagkrater zu identifizieren.

Vom Mond und vom Mars kennen wir die Kraterstruktur, bei der Erde wurde diese Struktur sowohl durch Gebirgsbildung als auch durch Verwitterung ständig verändert, so daß man sich zum Nachweis sehr alter Krater bzw. Meteoritenfalle der Gesteins-Kristalluntersuchung bedienen muß.

In Europa wurden in den letzten Jahren eine ganze Reihe solcher Einschlagkrater nachgewiesen; darunter auch das sogenannte Steinheimer Becken als Meteoritenaufprall-Gebiet. Dr. Störzer, Dr. Horn und Dr. Kleinmann (Heidelberg) berichteten über die Identifizierung eines rund 8000 Jahre alten Großmeteoritenkraters in Österreich bei Köfels. Hier ließen sich ebenfalls die durch die Stoßwelle beim Aufschlag deformierten Kristallstrukturen des Siliziumoxyds eindeutig nachweisen.

Aus den Kraterformen läßt sich weiterhin ein Rückschluß darauf ziehen, ob es sich um kompakte meteoritische Körper oder um Kerne von Kometen gehandelt hat. Meteoriten dringen tiefer als Kometenkerne in die Erdoberfläche ein, ehe sie explodieren. Deshalb sind Krater, die von Meteoriten erzeugt werden, bedeutend tiefer als solche von Kometenkerne. Da letztere im wesentlichen aus gefrorenen Gasen und gefrorenem Wasser bestehen, entspricht ihre Aufprall-Auswirkung einer Oberflächendetonation. Speziell für diese Untersuchungen wurde in den letzten Jahren eine Studiengruppe von Wissenschaftlern aus den USA, Kanada und England gebildet. Sie führte eine Reihe von künstlichen Kratererzeugungen mittels Sprengstoffdetonationen durch und untersuchte verschiedene Krater von unterirdischen Kernwaffenexplosionen. In der Wüste von Arizona wurde ein Experiment mit 500 Tonnen Trinitritoluiol ausgeführt. Dabei war der Sprengstoff in Form einer riesigen Halbkugel angeordnet worden. Auf diese Weise wollte man den Aufschlag eines Kometenkerne imitieren. Es ergab sich ein auffallend flacher Explosionskrater mit einem Zentralkegel, umgeben von mehreren Ringen konzentrisch aufgewölbter Gesteine. Solche Krater mit Zentralberg und Aufwölbungsringen sind vom Mond her bekannt.

In den USA entdeckte Dr. Roddy einen ähnlichen flachen Einschlagkrater mit Zentralkegel. Er trägt die Bezeichnung „Plynn Creek Struktur“. Als sein Alter werden etwa 360 Millionen Jahre angegeben. Nach Dr. Roddys Berechnungen müßte es sich beim auftretenden Körper um einen Kometenkerne gehandelt haben, der einen Durchmesser von ungefähr 250 Metern und eine Geschwindigkeit von etwa 15 km/s hatte. Der Krater liegt in Tennessee. Er besitzt einen Durchmesser von ungefähr 28 km. Seine Koordinaten sind 36,3 Grad Nord und 85,6 Grad West. Dieser Krater ist in seiner Struktur dem Steinheimer Becken sehr ähnlich, so daß man zu der Meinung kam, daß es sich auch hier um das Auftreffen eines Kometenkerne gehandelt hat. Das Steinheimer Becken scheint aber von der geologischen Struktur her das gleiche Alter wie das Nördlinger Ries zu haben. Auch ein paar hundert Kilometer weiter ostwärts konnte bei Weidenburg (Bayern) eine ähnliche Kraterstruktur – mit geologisch fast gleichem Alter – festgestellt werden. Alle drei Krater liegen auf einer Linie. Das könnte darauf hindeuten, daß sie alle durch den gleichen Kometenkerne entstanden, der im Gravitationsfeld der Erde beim Niedergehen in mehrere Stücke auseinandergerissen wurde. Diese Ansicht vertreten westdeutsche Wissenschaftler. Der südliche Teil der BRD dürfte deshalb auch in den nächsten Jahren für die Meteoritenforschung ein interessantes Untersuchungsgebiet bleiben.

Das gleiche Alter wie die eben genannten Krater billigt man auch den sogenannten Tekitten zu, die in Böhmen gefunden wurden. Sie tragen hier die Bezeichnung Moldavite. Die Vermutung, daß diese Moldavite aus dem Ries-Krater stammen, wurde schon vor längerer Zeit geäußert. Bei der Explosion des Kometenkerne könnten Gase und geschmolzene Gesteinsreste emporgespritzt und dann zu Glaskugeln kondensiert ein paar hundert Kilometer weiter östlich herabgefallen sein. Bekanntlich findet man Tekitte ja in relativ eng begrenzten Fundgebieten. Die bisher geäußerten Zweifel an dieser Theorie wurden durch die chemische Zusammensetzung der Moldavite hervorgerufen, die mit der des Gesteins des Ries-Kraters nicht übereinstimmt. Die Moldavite enthalten zu wenig Kieselsäure.

Auf der Tagung berichtete Dr. Jiří Kouta aus Prag über neue Untersuchungen. Er konnte nachweisen, daß bei Temperaturen von 2000 und mehr Grad, wie sie bei einer derartigen Explosionswolke auftreten, sich ein Teil der Kieselsäure verflüchtigt und nicht mehr zu Glas kondensiert. Darin wäre das einzige Argument, welches gegen den Ursprung der Moldavite spricht, entkräftet. Es scheint also doch sehr wahrscheinlich zu sein, daß die Bildung der Moldavite bei dem vor rund 20 Millionen Jahren erfolgten Zusammenstoß des (Ries-) Kometen mit der Erde erfolgte.

Meteoriten, die heute gefunden werden, sind überwiegend jüngeren Datums; sie stammen aus den letzten Jahrtausenden. Die älteren Meteoriten sind meist völlig verwittert. Meteoritische Körper sind jedoch auch deshalb außerordentlich interessante Forschungsobjekte, da in ihnen oft Minerale, Strukturen und chemische Zusammensetzungen gefunden werden, die auf der Erde nicht vorkommen oder sehr selten sind. Der Heidelberger Professor Dr. Paul Ramdorn berichtete über seine Untersuchungen an einem von ihm in Australien entdeckten Eisenmeteoriten, der eine Masse von etwa sechs Tonnen hat. In ihm fand er einen besonders hohen Anteil des Minerals „Trolilit“. Dr. Buchwald berichtete über einen in Grönland gefundenen Meteoriten von 20 Tonnen Masse. Der dänische Wissenschaftler führte an, dieser Meteorit sei ein Riesenkristall des Nickel-Eisen-Minerals „Austenit“. Auch in Berichten anderer Wissenschaftler wurde darauf hingewiesen, daß mitunter Minerale auftreten, die auf der Erde völlig unbekannt sind. So konnte z. B. eine Chrom-Stickstoff-Verbindung (Chromnitrid) gefunden werden.

Auch über die Frage der Entstehung der Meteoriten wurde auf dieser Tagung wiederum diskutiert. Die ältesten unter ihnen scheinen die sogenannten „Chondrite“ zu sein. Sie sind sehr wahrscheinlich zu einem Zeitpunkt entstanden, als es noch keine Planeten in unserem Sonnensystem gab bzw. die Phase der Planetenbildung begann. Diese Chondrite sind aus winzigen millimetergroßen Kugeln zusammengesetzt. Später entstandene Meteoriten scheinen die Reste zerstörter kleinerer Planeten zu sein, die möglicherweise einen Nickel-Eisen-Kern hatten, der von einer Gesteinshülle umgeben war. Eine sehr große Rolle bei dieser Tagung spielten die Ergebnisse der jüngsten Mondforschung, besonders hinsichtlich der Untersuchung der Mondbodenproben der Apollo-Unternehmen, als auch jener von Luna 16.

In der Vorhalle des Vorlesungsgebäudes war eine große Ausstellung aufgebaut worden. Den Mittelpunkt dieser Schau bildete ein Mondgestein, das die Apollo-11-Besatzung zur Erde gebracht hatte. Es handelt sich dabei um die Probe Nummer 10045,19. Dieser grau erscheinende Stein hat eine Länge von knapp 8 cm. Seine Masse beträgt 100,9 Gramm. Wie man schon bei der Betrachtung mit bloßem Auge erkennen konnte, bestand dieser Stein aus zusammengebackenen kleinen Körnern von im Mittel etwa 0,5 mm Durchmesser. Bereits an der Oberfläche waren zahlreiche Hohlräume zu erkennen, die Durchmesser von 0,5 bis 2 mm hatten. Zwischen den grau erscheinenden Körnern gab es einige Kristalle, und auch in die Hohlräume hinein wuchsen kleine Kristalle. Die chemische Analyse des Materials hat ergeben:

SiO ₂	45 %	MgO	7 %	TiO ₂	8 %	Na ₂ O	0,2 %
Al ₂ O ₃	13 %	CaO	12 %	FeO	15 %	K ₂ O	0,5 %

Sechs Mikroskope waren vorhanden, in denen man verschiedenartige Proben von Mondbodenmaterial betrachten konnte. Daneben gab es zahlreiche großformatige Diaspositive, in denen der Ablauf der amerikanischen Mondunternehmen Apollo 11, 12 und 14 dargestellt wurde. Farbige Großdiapositive zeigten das verschiedenartigste Mondbodenmaterial, mikroskopische Schiffe von Mondbodenproben sowie mikroskopische Aufnahmen verschiedener Feinstrukturen von feinkörnigem Staubmaterial. An einer Wandfläche waren die modernsten, erst kürzlich erarbeiteten „geologischen“ Karten des Mondes ausgestellt.

Bereits am zweiten Tage wurde diese Ausstellung ergänzt durch erstmals gezeigte Farbaufnahmen der amerikanischen Apollo-15-Unternehmen. An Hand von Detailkarten wurden der mit dem amerikanischen Mondjeep tatsächlich zurückgelegte Weg und die einzelnen Stationen, wo Proben aufgenommen worden sind, gezeigt. Grundlagen dieser Detailkarten der Mondoberfläche waren Lunar-Orbiter-Aufnahmen des Landgebietes von Apollo 15.

Großes Interesse fand auch der erstmals in der Öffentlichkeit vorgeführte, an Hand der Fernsehaufnahmen zusammengestellte Farbfilm von der Fahrt des Mondjeeps. In einer Abendveranstaltung zeigten amerikanische Wissenschaftler ebenfalls erstmalig eine Auswahl der mit 6 x 6-Kameras gewonnenen Aufnahmen vom Apollo-15-Unternehmen. Besonders eindrucksvoll waren hier die Schichtstrukturen an den Wänden der Hadley-Rille, als auch bei einigen Bergen (hier mit Neigungen bis zu 40 Grad).

Ein großer Teil der Vorträge beschäftigte sich mit der Untersuchung des von den Apollo-Flügen zurückgebrachten Materials. Der wesentliche Inhalt dieser Beiträge sei im folgenden kurz zusammengefaßt.

Apollo 11 landete nahe dem Mondäquator im Mare Tranquillitatis. Das Gebiet hat reinen Marecharakter, die Umgebung weist zahlreiche Krater auf. Das Oberflächenmaterial besteht aus einer lockeren Trümmernasse, die von den USA-Wissenschaftlern die Bezeichnung „Regolith“ erhielt. Den Hauptanteil bilden feinste Staubkörnerchen, allerdings sind auch größere Steine eingelagert. Bei größeren Kratern konnten an den Randwellen Gesteinsblöcke gefunden werden, so daß man annehmen muß, daß sich unter dem lockeren Regolith ein fester, felsiger Untergrund befindet. Die Dicke dieser Regolith-Schicht schätzte man an der Landestelle von Apollo 11 auf etwa 3 bis 6 Meter.

Auch Apollo 12 erreichte die Mondoberfläche in einem Maregebiet, im Mare Procarrum. Auch in diesem häufiger mit größeren Kratern durchsetzten Gebiet fand man die lockere Trümmernasse des Regolith. Abschätzungen ergaben, daß hier der lockere Teil des Mondbodens nicht so dick ist wie an der Landestelle von Apollo 11. An den Wänden der größeren Krater konnten relativ große Gesteinsbrocken gefunden werden.

Das Material, welches die Astronauten an diesen beiden Landestellen sammelten, besteht aus einzelnen Gesteinsstücken sowie Proben vom feinkörnigen Mondboden. Davon haben die Gesteinsstücke über einen Zentimeter Durchmesser bei Apollo 11 ein Gewicht von insgesamt 7,5 kg und das feinkörnige Material von 12,5 kg. Die Besatzung von Apollo 12 sammelte 18 kg Gesteinsstücke und 6,7 kg feineres Material.

Auch auf der Erde finden wir im Boden und in den Sedimenten lockeres Material, welches die primäre Gesteinsschicht bedeckt. Dieses lockere Material der Erde ist durch die Verwitterung (Wasser, Luft und Temperatur) entstanden. Der Regolith des Mondbodens muß ebenfalls durch eine Zerkleinerung von festem Material entstanden sein. Allerdings müssen hier die Kräfte, die sie hervorriefen, grundsätzlich anderer Natur gewesen sein, da Atmosphäre und Wasser fehlen.

Aus den größeren Gesteinsstücken konnte man Rückschlüsse auf den felsigen Untergrund ziehen. Man hat drei verschiedene Gesteinsarten gefunden, die in Analogie zu irdischen Gesteinen als lunare Basalte, lunare Anorthosite und lunare Breccien bezeichnet werden.

Am häufigsten kommt Basalt vor. Die lunaren Basalte sind hell bis dunkelgrau und bestehen aus den drei Hauptmineralien Feldspat, Pyroxen und Ilmenit. An grobkörnigem Material lassen sich diese verschiedenen Mineralien bereits mit der Lupe erkennen. Feldspat ist weiß, Pyroxen bräunlich und Ilmenit schwarz. Bei mikroskopischen Dünnschliffen erscheinen sie noch deutlicher. Feldspat sind farblose, leitenförmige Kristalle; bräunlich bis rosa-bräunlich erscheinen die Pyroxene; und Ilmenit tritt durch seine schwarze Färbung hervor. Man findet in geringeren Mengen auch noch andere Mineralien, vornehmlich Olivin. Es handelt sich dabei um eine Mischung der Orthosilikate von Eisen und Magnesium. Ferner treten die Mineralien Cristobalit und Tridymit, metallisches Eisen, Eisensulfid oder Troilit, Spinell und einige seltener Bestandteile auf. Nur in geringen Mengen wurden Mineralien gefunden, die nicht von irdischen Basalten her bekannt sind. So vor allem ein magnesiumfreier Eisen-Kalzium-Pyroxen, der Pyroxferroit, ein Ferropseudobrookit und ein Eisentitanpinnell. Aus dem Mineralbestand der Mondbasalte kann man also schließen, daß sie ebenso wie die irdischen Basalte magmatischer bzw. vulkanischer Natur sind. Es handelt sich demnach um flüssige Gesteinsschmelzen, die an der Mondoberfläche oder in geringer Tiefe erstarrt sind. Damit dürfte sicher sein, daß es auf dem Mond einen ausgedehnten Vulkanismus gab.

Die komplizierte Mineralzusammensetzung der Basalte des Mondes macht deutlich, daß vor ihrer Erstarrung eine chemische Differenzierung stattgefunden haben muß. Ferner konnten z. B. an der Landestelle von Apollo 11 zwei verschiedene Arten von Basalten nachgewiesen werden. Der eine ist feinkörniger, der andere grobkörniger. Chemisch unterscheiden sie sich durch ihren Gehalt an Spurenelementen. Die beiden Basaltarten müssen also aus zwei verschiedenen Lavaergüssen stammen. Noch differenzierter ist das Gestein der Apollo-12-Proben. Hier gibt es olivinfreien Basalt, olivinarmen Basalt sowie sehr olivinreichen Basalt. Außerdem wurde hier helles, nichtbasaltisches Gestein gefunden, das als Kalifeldspat und Siliziumoxyd besteht.

Die Mondbasalte unterscheiden sich von irdischen dadurch, daß sie absolut wasserfrei sind. Alle wasserhaltigen Mineralien, wie etwa Glimmer oder Hornblende, fehlen völlig. Trotzdem müssen aber flüchtige Bestandteile enthalten gewesen sein, denn im Mondmagma findet man häufig kugelförmige Blasen, die nur durch eingeschlossene Gase beim Erstarren der Lava entstehen konnten.

Daß sich auf dem Mond verschiedenartige Magma bildeten, darauf deutet der zweite Typ von Gesteinen hin, die sogenannten lunaren Anorthosite. Es handelt sich dabei um relativ helles, fast weißes Gestein, welches bisher nur in Bruchstücken unter 1 cm Durchmesser gefunden werden konnte. Dieses Gestein ist in den Proben außerdem sehr selten. Es besteht hauptsächlich aus Feldspat, und zwar aus reinem Kalzium-Feldspat. Darin findet man kleine Kristalle von Olivin und auch Pyroxen. Auch die Anorthosite sind aus der Kristallisation eines Magma entstanden. Es sind Kristalle, die sich aus einer Schmelze abschieden und infolge ihres geringeren spezifischen Gewichtes, auf der Restschmelze schwimmend, zusammen-

Tabelle 1:

	Lunare Basalte Apollo 12	Irdische Tholeitische Basalte	Ca-reiche Aphanitische	Chondrit ohne met. Fe
SiO ₂	40,38	50,83	48,17	39,88
TiO ₂	11,10	2,03	0,51	0,15
Al ₂ O ₃	9,68	14,07	13,91	2,31
Fe ₂ O ₃	0,00	2,88	1,17	0,00
FeO	18,91	9,00	15,99	13,12
MgO	7,13	6,34	7,10	24,98
CaO	11,00	10,42	10,94	1,90
Na ₂ O	0,57	2,23	0,67	0,88
K ₂ O	0,20	0,82	0,13	0,14

gebacken sind. Da diese Anorthositfragmente sehr selten sind, und außerdem nur kleine Stücke gefunden wurden, neigt man zu der Annahme, daß sie aus weiter entfernten Gebieten der Mondoberfläche stammen, nämlich aus den helleren Hochländern.

Neben den schon genannten deuten auch andere Fakten darauf hin, daß es sich bei den Mond-Maren um erstarrte Magmen handelt. Beulenförmige Aufwölbungen, die sogenannten „Dome“, sind schon lange bekannt. Manche Formationen der Mare erscheinen wie ausgedehnte erstarrte Lavaströme. Bestimmte Krater erinnern an vulkanische Einsturzbecken oder Caldera. Auch Vulkankegel hat man in Mare-Gebieten gefunden. Die Tabelle 1 (S. 9) gibt einen Überblick über die chemische Zusammensetzung der lunaren Basalte. In der zweiten Spalte sind irdische Basalte angeführt, und in den beiden letzten Spalten zwei verschiedene Typen von Steinmeteoriten.

Grundsätzlich kann man sagen, daß der Bestand an chemischen Elementen der lunaren Basalte denen der Erde ähnlich ist. Auf einige Unterschiede sei jedoch hingewiesen. Die irdischen Basalte enthalten dreiwertiges Eisen, Wasser, mehr Alkalien, mehr Silizium-Oxyd und weniger Titan. Die Unterschiede sind jedoch nicht wesentlich. Die Mondbasalte enthalten dagegen mehr seltene Erden (etwa das Fünffache) und bedeutend geringere Mengen an den Elementen Silber, Cadmium, Zink, Indium, Thallium und Wismut. Gering ist außerdem der Gehalt an Nickel, Kobalt, Iridium und Gold. Zum Vergleich sei im folgenden Tabelle 2 gegeben, die die chemischen Anteile der von Luna 16 zur Erde gebrachten Mondmaterialien aufführt. Unterschieden wurde hierbei zwischen basaltartigem Gestein und dem Regolith.

Tabelle 2:

	Basalt-Gestein	feinkörniger Regolith
SiO ₂	43,8	41,7
TiO ₂	4,9	3,39
Al ₂ O ₃	16,65	15,33
FeO	19,35	16,64
MgO	7,05	8,78
CaO	10,04	12,49
Na ₂ O	0,33	0,34
K ₂ O	0,15	0,10
MnO	0,20	0,21
Cr ₂ O ₃	0,28	0,28
ZrO ₂	0,4	0,013

Zwischen den amerikanischen und den sowjetischen Mondbodenproben ist bezüglich der chemischen Zusammensetzung eine relativ gute Übereinstimmung vorhanden.

In Tabelle 1 findet man die größten Unterschiede zwischen basaltischen Mondgesteinen und den häufigsten Steinmeteoriten, den Chondriten. Bei den Chondriten nimmt man an, daß es sich hier um meteoritisches Material handelt, welches schon bei der Bildung des Planetensystems entstanden ist. Die Chondrite zeigen einen relativ einfachen Aufbau. Die Achondrite dagegen werden allgemein als Bruchstücke planetarischer Kleinkörper angesehen, bei denen sich erst nach ihrer Bildung geologische Vorgänge abgespielt haben. Sie zeigen im allgemeinen eine stärkere Durchmischung verschiedener Mineralien und einen bedeutend größeren Mineralreichtum als die Chondriten. Diese Achondrite sind in ihrer chemischen Zusammensetzung den lunaren Basalten sehr ähnlich.

Interessant waren auch die Versuche der Altersbestimmung des Basaltgesteins. Nach der Rubidium-Strontium-Methode kam man auf ein Alter von rund 3,7 Milliarden Jahren. Auch aus dem Kalium-Argonzerfall erhielt man ähnliche Werte. Untersuchungen des Zerfalls von Uran und Thorium in Blei führten zu noch höheren Werten, nämlich zu 4,1 Milliarden Jahren. Diese Diskrepanz ist noch nicht geklärt. Dabei muß bemerkt werden, daß die Sicherheit der Altersbestimmungen nach dem radioaktiven Zerfall auch heute noch nicht so groß ist, daß aus den erhaltenen Werten eine echte Diskrepanz zu schlußfolgern wäre.

Noch einiges zu den Breccien. Auf der Erde bezeichnet man Gesteine, die aus Bruchstücken von verschiedenen Gesteinen und Mineralien, die sich miteinander verklebt haben, als Breccien. Die Breccien des Mondes bestehen aus den Fragmenten der Körner des losen Materials (Regolith), die durch eine braune Glasgrundmasse miteinander verbunden sind. Sie enthalten Basalte und Anorthosite sowie Bruchstücke älterer Breccien und Körner der Mineralien des magnetischen Gesteins. Daneben kommen in großer Menge Gaspartikel vor, die zum Teil regelmäßig und zum anderen unregelmäßig geformt sind. Auch kleine Stücke meteoritischer Nickel-Eisens findet man in den Breccien.

Die genaue Untersuchung der Mineralstruktur führte zu sehr interessanten Ergebnissen. Es zeigte sich, daß bei derart intensiven Zertrümmerungen Kräfte wirksam geworden sein müssen, die Druckstößen von vielen hunderttausend Atmosphären entsprechen. Bei vulkanischen Eruptionen oder gebirgsbildenden Vorgängen (Auftreibungen u. ä.) können niemals derart hohe Drücke auftreten. Als einzige Erklärungsmöglichkeit für derart intensive Stoßwellen verbleiben lediglich äußere Einflüsse, also das Auftreffen von Meteoriten.

Die eingangs erwähnten Beweise für den meteoritischen Ursprung des Nördlinger Ries treffen also auch auf den Mond zu. In der Kristallstruktur des Regolith und der Breccien fand man gleichartige Deformationslamellen, wie sie in dem Gestein und Trümmermaterial des Nördlinger Ries entdeckt worden sind. Es dürften also kaum noch Zweifel daran bestehen, daß ein Großteil der Oberflächenstruktur des Mondes durch den Aufprall meteoritischer Materials entstanden ist. Die möglichen Auftreffgeschwindigkeiten von Meteoriten auf den Mond liegen zwischen 2,4 und 70 km/sec.

Im Auftreffgebiet entsteht zunächst ein Druckstoß, der sich als Stoßwelle mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt. Dabei entstehen starke Kompressionen und Deformationen des Gesteins sowie eine Erhitzung. Gestein verdampft und wird nach außen hin vom Auftreffzentrum geschmolzen. Nach dem Einschlag federt das getroffene Gestein zurück und verdampftes, geschmolzenes und zertrümmertes Gestein wird mit großer Geschwindigkeit weggeschleudert.

Das Regolith-Material, welches den größten Teil der Mare-Gebiete bedeckt, ist also im wesentlichen durch den jahrhundertlangen andauernden Meteoriten-Einfall auf der Mondoberfläche entstanden. Auch ein Teil der großen Mondkrater ist meteoritischen Ursprungs. Mit Sicherheit kann man aber trotzdem sagen, — wie oben ausgeführt wurde —, daß zumindest die Mare und auch ein Teil der Mondkrater durch magnetische bzw. vulkanische Vorgänge entstanden sind. Die Feinstruktur bildete sich durch den Meteoriteneinfall.

Das sind — kurz zusammengefaßt — die wesentlichsten Gedanken bezüglich des Mondes, die während der Tübinger Tagung geäußert wurden.

Amateure beobachten und berichten

Höhenbestimmung von Oberflächenformen auf dem Mond aus Fernrohrbeobachtungen

ROLF QUELLMALZ

Mit den folgenden Ausführungen möchte ich darlegen, wie ich als Amateur versucht habe, über das Stadium des bloßen Beobachtens hinauszukommen und wie ich mich erstmals an ein Problem mit wissenschaftlicher Zielstellung heranwagte. Dazu muß ich noch voraussichtlich, daß ich nicht die Möglichkeit habe, im Rahmen einer Fachgruppe des Kulturbundes organisiert arbeiten zu können. Dieser Bericht soll deshalb andere Amateur-astronomen in ähnlicher Situation dazu anregen, sich ebenfalls einmal an einer solchen Arbeit zu versuchen. Ich habe dabei die Erfahrung machen können, daß mir die Beschäftigung mit diesem Problem trotz oder gerade wegen einiger Mühen Freude machte, mir ein Erfolgserlebnis schuf, aber auch meine theoretischen Kenntnisse vertiefte. Natürlich sind solche Aufgaben auch gut für die Tätigkeit von schulischen Arbeitsgemeinschaften geeignet. Ich habe die hier dargestellte Höhenbestimmung nochmals mit interessierten Laien – größtenteils Schülern der Klassen 10 bis 12 – durchgearbeitet und werde hier auf die dabei aufgetretenen Probleme und nützlichen Erfahrungen mit eingehen.

1. Geschichtliches zur Bestimmung von Berghöhen auf dem Mond

Bis zur Erfindung des Fernrohres waren Vermutungen über die Oberflächenstruktur des Mondes rein hypothetischen Charakters. Neben Vorstellungen, die der Wirklichkeit schon recht nahe kamen, traten häufig auch falsche Deutungen auf. Die bis heute gebräuchliche Bezeichnung „Maria“ für die dunklen Oberflächengebilde ist ein Beispiel einer solch falschen Auffassung.

Als erster Mensch richtete Galilei ein noch sehr einfaches Fernrohr auf den Mond. Damit konnte er erstmals unmittelbar deutliche Unebenheiten auf der Mondoberfläche erkennen. Er wies größere Höhenunterschiede auch durch den unregelmäßigen Verlauf des Terminators, der Grenzlinie zwischen beleuchtetem und unbeleuchtetem Teil des Mondes, nach. Galilei bemühte sich nicht nur um die Schaffung erster Mondkarten, sondern er versuchte bereits, die Höhe der beobachteten Oberflächenobjekte angenähert zu bestimmen. Sein Verfahren bestand darin, aus dem Abstand eines Berges oder Gebirges vom Terminator in dem Augenblick, wo deren Gipfel von den ersten bzw. letzten Strahlen der auf- bzw. untergehenden Sonne getroffen wurden, auf ihre Höhe zu schließen. Die ungenügende Kenntnis der Gesetze der Mondrotation, ein noch unsicheres selenographisches Koordinatensystem, sowie die technisch noch mit zu vielen Mängeln behafteten Beobachtungsinstrumente erbrachten mit dieser Methode zunächst keine befriedigenden Ergebnisse. Deshalb ging man in der folgenden Zeit dazu über, Höhen auf dem Mond durch Messung von Schattenlängen zu gewinnen. Besonders Mädler und Schmidt haben auf diese Weise eine große Anzahl von Gipfeln auf dem Erdtrabant vermessen. Ihre Bestimmung von Berghöhen oder Kratertiefen haben zu einem großen Teil noch heute Gültigkeit. In jedem Falle erhält man dabei durch trigonometrische Rechnung die relative Höhe der Objekte. Bedeutend schwieriger und heute noch nicht in allen Teilfragen gelöst ist die Bestimmung absoluter Höhen, da ein geeignetes Ausgangsniveau, wie es auf der Erde der Wasserspiegel der Ozeane und Meere bildet, auf dem Mond fehlt.

In den letzten Jahrzehnten versuchte man schließlich, auf photographischem Wege durch mikrophotometrische Ausmessung zu noch genaueren Höhenangaben zu gelangen [4]. Die inzwischen begonnene Erforschung des Mondes mittels bemannter und unbemannter Raumflugkörper eröffnet auch auf diesem Teilgebiet Perspektiven für neue oder genauere Kenntnisse.

2. Einschätzung und Planung des Untersuchungsvorhabens

Aus der Zahl verschiedener Methoden, mit denen eine Bestimmung von Berghöhen möglich ist, habe ich mich für die von Ahnert ([1] S. 133–135) vorgeschlagene entschieden. Einerseits gestattet sie eine Lösung mit relativ einfachen Mitteln, berücksichtigt aber andererseits doch eine Reihe von Fehlerquellen und korrigiert die dadurch entstehenden Ungenauigkeiten. Neben dem Fernrohr sind zur Beobachtung lediglich ein Fadenkreuz sowie eine Stoppuhr erforderlich. Amateure, die über kein

Fadenkreuzokular verfügen, können sich ein solches aus dünnem Spulendraht oder sogar aus Spinnfäden leicht selbst herstellen. Diese einfachen Mittel erlauben dem Amateur eine selbständige Arbeit, zu der er keiner Hilfe oder Anleitung durch Fachastronomen bedarf. Er vermag seine beobachtenden Fähigkeiten dabei zu schulen und erlangt größere Sicherheit im exakten Messen.

Bei der Wahl eines geeigneten Beobachtungsobjektes habe ich mich für den Berg Pico 444 im Mare Imbrium entschieden. Im Zusammenhang mit Lunochod 1 und Apollo 15 wird dieses Gebiet sicher den meisten Sternfreunden bekannt sein (s. Abb. 1 im Bildteil des Heftes, S. I).

Folgende Überlegungen veranlaßten mich, die Berechnung an diesem Berg vorzunehmen: Die zu verwendende Methode mit Hilfe der Schattenlänge versagt um so mehr, je weiter das Objekt vom Mondäquator entfernt liegt. Diese Forderung, nicht zu nahe am Rand zu liegen, erfüllt Pico hinreichend. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Meßergebnisse u. U. beträchtlich verfälscht werden, wenn der zu vermessende Schatten auf eine geneigte Fläche fällt (s. Abb. 2).

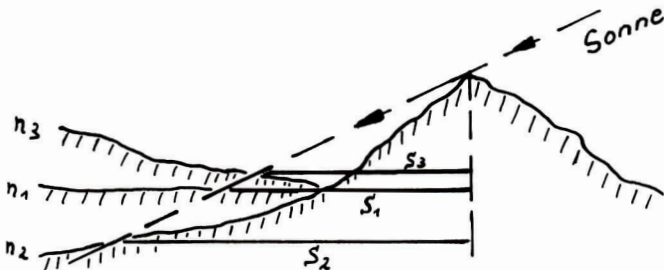


Abb. 2: Einfluß der Geländeneigung n auf die Länge des Schattens S .

Das zeigt sich besonders an unterschiedlichen Ergebnissen bei Messungen unter verschiedener Sonnenhöhe. Da Pico ein auffallender Einzelberg in dem genannten Mare ist, besteht eine größere Wahrscheinlichkeit auf nahezu horizontales Gelände als in gebirgigeren Teilen.

Nachdem ich mich bereits anhand der verfügbaren, allerdings nur allgemein gehaltenen Literatur über die erforderlichen Hilfsmittel und den zu wählenden Lösungsweg informiert hatte, galt es nun, geeignete Beobachtungstermine herauszufinden. Bei Vollmond ist eine Messung nicht möglich, da die Gebirge, Berge, Krater usw. bei dieser Phase keine Schatten werfen. Um zu einigermaßen genauen Werten zu kommen, sollte der Schatten möglichst lang sein, d. h. die Sonne muß für das zu vermessende Objekt tief am Horizont stehen. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Berg in der Nähe des Terminators liegt. Damit steht dem Beobachter aber nur ein beschränkter Beobachtungszeitraum zur Verfügung. Aus einer Schätzung, die ich an einer Mondkarte vornahm, und praktischen Beobachtungen, wann der Berg aus dem unbeleuchteten Teil hervortritt, fand ich heraus, daß günstige Messungen vorgenommen werden können, wenn der Mond zu einem Teil von etwa 0,58 beleuchtet ist, also kurz nach dem 1. Viertel. Unter Berücksichtigung dieses Wertes können dann leicht geeignete Termine aus dem „Kalender für Sternfreunde“ herausgesucht werden ([2] Abschnitt „Monatliche Ephemeriden für Sonne und Mond“). Wer die Möglichkeit hat, auch in den Morgenstunden Beobachtungen vorzunehmen, kann natürlich sinngemäß auch ein bis zwei Tage um die Zeit des letzten Viertels ermitteln.

3. Durchführung der Beobachtung

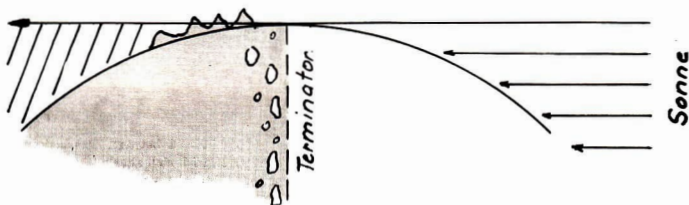
Bevor man die praktische Beobachtungs- und Vermessungsarbeit am Fernrohr durchführt, sollte man sich über die genaue Lage des Beobachtungsobjektes informieren, damit man dieses am Fernrohr ohne Schwierigkeiten und in kurzer Zeit auffinden kann. Dazu ist eine Mondkarte erforderlich. Ich habe die vor einigen Jahren in Neuauflage erschienene und daher i. a. zugängliche Karte von Lohrmann [3] verwendet. Pico 444 hat die selenographischen Koordinaten $-8^{\circ}59'$ Länge und $+45^{\circ}31'$ Breite. Er ist ein auffälliger, bei nahezu jeder Beleuchtung hell glänzender Berg südlich der Wallevne Plato im Mare Imbrium (Abb. 3 im Bildteil des Heftes, S. III).

Meine ersten Messungen führte ich zunächst versuchsweise durch, da die Sichtverhältnisse durch

hohe Bewölkung stark beeinträchtigt waren. Außerdem fiel die Spitze des Schattenkegels des Berges nahezu mit dem Terminator zusammen, war also nicht genau auszumachen. Ich erhielt für den Schatten Durchgangszeiten von etwa 1,8 Sekunden, die sich relativ leicht stoppen lassen. Die errechneten Ergebnisse waren aber sehr unwahrscheinlich. Bereits am nächsten Abend war der Schatten so kurz, daß wegen der geringen Durchlaufzeiten von 0,2—0,3 Sekunden eine zu geringe Meßgenauigkeit entstand und ich auf eine Verarbeitung dieser Werte verzichtete.

Diese beiden Versuche zeigen, daß sich die zu vermessende Schattenlänge innerhalb einiger Stunden bereits beträchtlich ändern kann. Sie boten mir aber immerhin die Möglichkeit, zunächst die bei der Beobachtung auftretenden Probleme gründlicher kennenzulernen und mich außerdem in der Beobachtungstechnik so weit zu üben, daß ich zum nächstmöglichen Termin eine Meßreihe in kürzerer Zeit und mit größerer Genauigkeit aufzeichnen konnte. Da mir zum Zeitpunkt der vorgenommenen Beobachtung in meiner Heimatstadt noch kein geeignetes Instrument zur Verfügung stand, nahm ich die erforderliche Meßreihe an der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte in Hartha/Sa. auf. Der Leiter, Bfr. H. Busch, stellte mir dazu in dankenswerter Weise einen Refraktor zur Verfügung.

Beim Einsetzen des Okulares ist darauf zu achten, daß der Mond bzw. der davon im Fernrohr sichtbare Teil das Gesichtsfeld möglichst parallel zur waagerechten Achse des Fadenkreuzes durchläuft. Dann ermittelt man mit der Stoppuhr am nicht nachgeführten Fernrohr die Zeit, die der Schattenkegel des Berges zum Durchlaufen des Fadenkreuzes braucht. Um Meßfehler zu verringern, wird dieser Vorgang mehrmals wiederholt. Nach dem gleichen Verfahren wird der Abstand des Berggipfels vom Terminator, zunächst wieder in Zeitsekunden, ermittelt. Da die Lichtgrenze infolge der Unebenheiten der Mondoberfläche keine gerade Linie bildet, bereitet das allerdings einige Schwierigkeiten. Man muß sich davor hüten, den Terminator im Bereich der bereits von der Sonne beschienenen Berggipfel zu suchen, deren Fuß aber noch im Schatten liegt (Abb. 4).



Deshalb ist auch hier eine mehrmalige Messung unbedingt notwendig. Zur Erhöhung der Genauigkeit bei der Berechnung empfiehlt es sich, noch die Höhe des Mondes über dem Horizont zu messen. Falls das Beobachtungsinstrument dazu keine Möglichkeit bietet, genügt ein einfacher, selbstgefertigter Pendelquadrant. Hier die von mir bei der Beobachtung gewonnenen Werte und weitere erforderliche Angaben:

Beobachtungsprotokoll

Ort: 7302 Hartha, Sternwarte
 Beobachtungsobjekt: Mondberg Pico 444
 Datum: 1970 April 15
 Beobachtungsbeginn: 20.00 Uhr MEZ
 Beobachtungsende: 20.25 Uhr MEZ
 Instrument: Refraktor, parallaktisch montiert

Objektivbrennweite: 2500 mm
 Objektivdurchmesser: 160 mm
 Okularbrennweite: 16 mm
 Sicht: 3–4, Cirrus
 Windstärke: 2
 Hilfsmittel: Stoppuhr, Fadenkreuz

1. Beobachtung: Durchgangszeit des Bergschattens durch das Fadenkreuz

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Messung: 0,3 s | 5. Messung: 0,4 s |
| 2. Messung: 0,5 s | 6. Messung: 0,5 s |
| 3. Messung: 0,4 s | 7. Messung: 0,5 s |
| 4. Messung: 0,6 s | 8. Messung: 0,4 s |

2. Beobachtung: Abstand des Terminators vom Berg Pico:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. Messung: 10,2 s | 5. Messung: 10,4 s |
| 2. Messung: 10,9 s | 6. Messung: 10,1 s |
| 3. Messung: 10,2 s | 7. Messung: 10,4 s |
| 4. Messung: 10,5 s | 8. Messung: 10,3 s |

3. Beobachtung: Höhe des Mondes über dem Horizont: 55°

4. Mathematische Auswertung der Beobachtungsergebnisse

4.1 Berechnung des Mittelwertes der Durchgangszeit, des mittleren und relativen Fehlers

Um Meßfehler möglichst gering zu halten, habe ich aus den acht vorgenommenen Messungen den Mittelwert errechnet. Um darüber hinaus einschätzen zu können, welchen Wert man dem errechneten Ergebnis hinsichtlich seiner Genauigkeit beimesen kann, habe ich außerdem den mittleren und relativen Fehler nach Gesetzen der Fehlerrechnung bestimmt.

Nr.	$\frac{t}{s}$	$\frac{v}{s}$	$\frac{v^2}{s^2}$
1	0,3	+ 0,15	0,0225
2	0,5	— 0,05	0,0025
3	0,4	+ 0,05	0,0025
4	0,6	— 0,15	0,0225
5	0,4	+ 0,05	0,0025
6	0,5	— 0,05	0,0025
7	0,5	— 0,05	0,0025
8	0,4	+ 0,05	0,0025
$\sum \frac{t}{s} = 3,6 \quad \sum v = 0 \quad \sum vv = 0,06$			

$\frac{t}{s}$ = Durchgangszeit in Sekunden

$\frac{v}{s}$ = Abweichung vom Mittelwert in Sekunden

Mittelwert der Durchgangszeit $D = 3,6 : 8 = \underline{0,45 \text{ s}}$

Mittlerer Fehler des Mittelwertes:

$$m\bar{D} = \pm \sqrt{\frac{\sum vv}{(n-1)n}} = \pm \sqrt{\frac{0,06 \text{ s}^2}{(8-1)8}} = \pm \sqrt{0,00107} \approx \pm \underline{0,04 \text{ s}}$$

Relativer Fehler:

$$\frac{m\bar{D}}{D} = \frac{\pm 0,04}{0,45} = \pm 0,088 \triangleq \pm 8,8 \%$$

Aus der Rechnung geht also hervor, daß die Durchgangszeit $0,45 \pm 0,04 \text{ s}$ beträgt. Das bedeutet einen relativen Fehler von 8,8 %. Dieser ist noch verhältnismäßig groß, wird sich aber mit zunehmender Beobachtungspraxis sicher noch verringern lassen. Für den Terminatorabstand ergibt sich schließlich ein Mittelwert von 10,4 s.

4.2 Berechnung der Schattenlänge in Bogensekunden

Die Durchgangszeit für die Schattenlänge des Mondberges muß nun zunächst in Bogensekunden umgewandelt werden. Dazu wird die mittlere Durchgangszeit D mit $\cos \delta$ (δ = Deklination des Mondes) und dem Faktor $14''46$ multipliziert. Die Deklination kann dem „Kalender für Sternfreunde“ entnommen werden. Dabei ist aber zu beachten, daß dort der Wert für 0^h Ephemeridenzeit des betreffenden Tages angegeben ist ($\triangleq$ etwa 1^h MEZ). Durch Interpolation muß deshalb der genaue Wert für die Beobachtungszeit noch errechnet werden! Der Faktor $14''46$ ist der Betrag, um den sich infolge der Erdrotation der Mond scheinbar pro Sekunde bewegt. Wie man leicht nachrechnen kann, beläuft sich dieser Wert für Fixsterne auf $15''$. Da der Mond infolge seiner Eigenbewegung aber unter den Fixsternen etwas zurückbleibt (täglich etwa $13''$), verringert sich für ihn dieser Betrag auf die genannte Größe. Schließlich ist noch zu berücksichtigen, daß der Mondäquator, zu dem der Schatten von Pico nahezu parallel ist, um den Winkel P gegen die tägliche Bewegungsrichtung geneigt ist. Dadurch wurde nicht die wahre Schattenlänge gemessen, sondern deren Projektion auf die Richtung der täglichen Bewegung (s. Abb. 5).

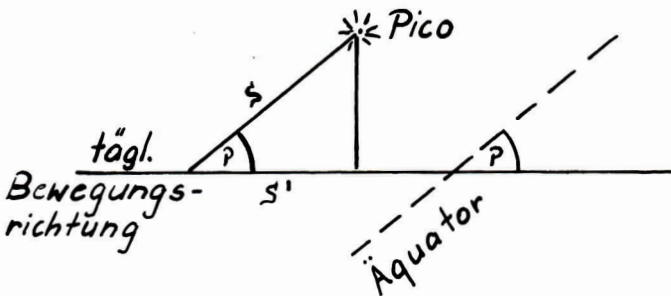
Der dadurch entstehende Fehler wird durch Division mit $\cos P$ eliminiert. P ist als Positionswinkel der Achse ebenfalls dem Sternkalender zu entnehmen. Mit dem Wert ist genauso zu verfahren wie mit der Deklination.

Somit ergibt sich zur Berechnung der Schattenlänge die Formel

$$S = 14''46 \frac{D \cdot \cos \delta}{\cos P} \quad (1)$$

$$\text{für Pico: } S = 14''46 \frac{0,45 \cos 17^\circ 06'}{\cos 19^\circ 07'} = \underline{6,5823''}$$

Abb. 5: Einfluß des Positionswinkels der Mondachse auf den Schatten.
 S = wahre Schattenlänge, S' = gemessene Schattenlänge.



In gleicher Weise berechnet man den Terminatorabstand A:

$$A = 14''46 \frac{10,4 \cos 17^{\circ}06'}{\cos 19^{\circ}07'} = \underline{\underline{152,13''}}$$

4.3 Berechnung der Schattenlänge in Teilen des Mondradius

Nachdem die Schattenlänge zunächst in Bogensekunden errechnet wurde, muß sie nunmehr in Teilen des Mondradius umgerechnet werden. Dazu sind einige Nebenrechnungen erforderlich:

4.3.1. Berechnung der Winkel des Dreiecks Sonne-Erde-Mond

Zur Berechnung des Winkels E verwendet man nach Ahnert [1] die Formel

$$\cos E = \cos b \cdot \cos (l - L) \quad (2)$$

Dabei bedeuten b und l Breite und Länge des Mondes in der Ekliptik und L Länge der Sonne. Die

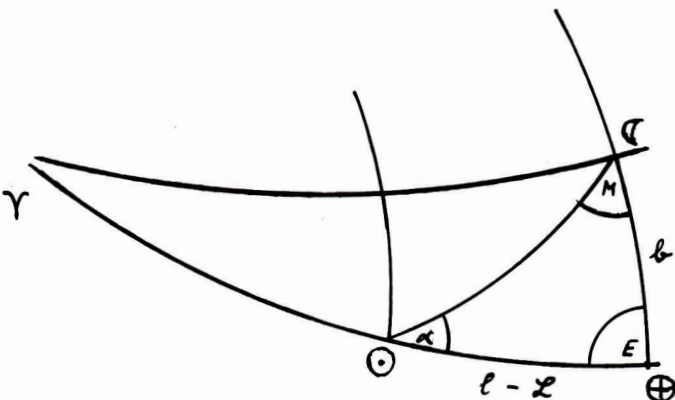


Abb. 6: Winkel im Dreieck Sonne-Erde-Mond.

Werte dafür können wiederum dem Sternkalender entnommen werden. Für meinen Beobachtungszeitpunkt ergab sich

$$\cos E = \cos 1^{\circ}58' \cdot \cos (138^{\circ}35' - 25^{\circ}24')$$

$$E = 113^{\circ}10'$$

Der Winkel α an der Sonne kann als Funktion von E einer bei Ahnert [1] enthaltenen Tabelle entnommen werden, wobei allerdings kreisförmige Umlaufbahnen angenommen werden. Da die wirklichen Bahnen solchen auch sehr nahe kommen, ist der dabei entstehende Fehler geringfügig. Nach Tabelle 1 beträgt $\alpha = 8'$. Der noch fehlende dritte Winkel M läßt sich dann leicht berechnen:

$$M = 180^{\circ} - E - \alpha$$

$$M = 180^{\circ} - 113^{\circ}10' - 8'$$

$$M = 66^{\circ}42'$$
(3)

Tabelle 1: Zur Bestimmung des Winkels α an der Sonne als Funktion des Winkels E an der Erde im Dreieck Sonne – Erde – Mond

E		E
9:7 bis 16:3	2'	163:7 bis 170:3
16:4 bis 23:2	3'	156:8 bis 163:6
23:3 bis 30:5	4'	149:5 bis 156:7
30:6 bis 38:3	5'	141:7 bis 149:4
38:4 bis 47:2	6'	132:8 bis 141:6
47:3 bis 57:9	7'	122:1 bis 132:7
58:0 bis 73:9	8'	106:1 bis 122:0
74:0 bis 90:0	9'	90:0 bis 106:0

4.3.2 Winkel zwischen Terminator und Verbindungslinie der Hörnerspitzen

Die Verbindungslinie der Hörnerspitzen ist in Abb. 7 durch die Strecke $\overline{PE}$ dargestellt. Unter Kenntnis des soeben berechneten Winkels M läßt sich der gesuchte Winkel θ sehr einfach nach der Formel

$$\theta = 90^{\circ} - M$$
(4)

berechnen.

$$\theta = 90^{\circ} - 66^{\circ}42' = 23^{\circ}18'$$

Ich möchte noch darauf verweisen, daß bei anderen Objekten, die bei weniger als zur Hälfte beleuchtetem Mond vermessen wurden, die Formel (4) in der Form $\theta = M - 90^{\circ}$ verwendet werden muß.

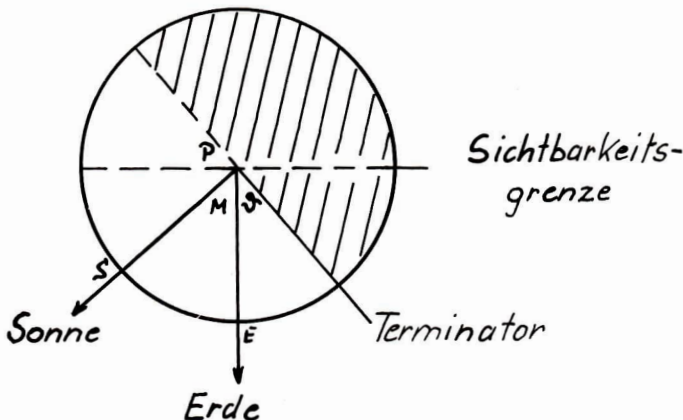


Abb. 7: Winkel am Nordpol des Mondes (Polsicht!).



Abb. 1: Pico 444 im Mare Imbrium. Foto: Mt. Wilson Observatory.





Abb. 3, oben:
Ausschnitt aus der Mond-
karte von Lohrmann.

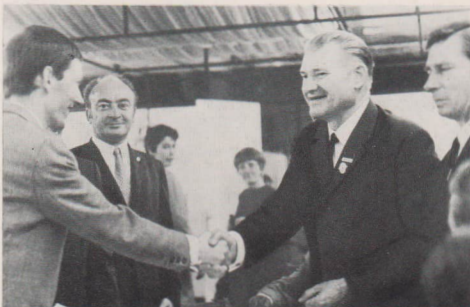


Abb. 1, S. II:
Salut 1 im Sternbild
Cepheus. Foto des 1. Preis-
trägers Gottfried Beygang,
Karl-Marx-Stadt.
6. 9. 1957 MEZ.

Abb. 2 links:
Der Direktor der sowjeti-
schen Kosmosausstellung,
Dr. Kusnezow, bei der Aus-
zeichnung eines Preisträ-
gers.

**Zum Beitrag S. 23:
Exkursion nach
Moskau und Leningrad**

Abb. 1.:
Teilansicht der Sternwarte
Pulkowo bei Leningrad.



Abb. 2:
In der „Kosmoshalle“ der
Allunionsausstellung in
Moskau.



Abb. 3:
Die Exkursionsteilnehmer
im Garten des Planetariums
in Moskau.



4.3.3 Winkel ε zwischen Terminator und Meridian des Berges

In der zur Berechnung dieses Wertes benutzten Formel ist der Mondradius ϱ enthalten. Er kann für den Beobachtungstermin dem Sternkalender entnommen werden. Die dort enthaltene Angabe ist aber geozentrisch, während die Vermessung der Schattenlänge von einem Punkt der Erdoberfläche aus vorgenommen wurde, wo der Beobachter dem Mond näher steht als der Erdmittelpunkt. Der Mond erscheint demzufolge etwas größer. Wer auf möglichst große Genauigkeit Wert legt, sollte diesen Umstand berücksichtigen und den korrigierten Mondradius ϱ' verwenden, in dessen Berechnung die Höhe H des Mondes über dem Horizont eingeht. Nach Ahnert [1] berechnet man

$$\varrho' = \frac{60,3 \cdot \varrho}{60,3 - \sin H} \quad (5)$$

Für die während der Messung bestimmte Höhe des Mondes von 55° über dem Horizont ergibt sich damit

$$\begin{aligned} \varrho' &= \frac{60,3 \cdot 14'47''}{60,3 - \sin 55^\circ} \\ \varrho' &= 14'59'' = 899'' \end{aligned}$$

Ein Vergleich zeigt, daß der errechnete topozentrische Mondradius ϱ' tatsächlich etwas größer ist als der mit $14'47''$ im Sternkalender angegebene geozentrische Wert.

Nun kann unter Verwendung der wiederum in dem Aufsatz von Ahnert [1] gegebenen Beziehung

$$\sin(\vartheta - \varepsilon) = \sin \vartheta - \frac{A}{\varrho \cdot \cos \beta} \quad (6)$$

der gesuchte Winkel ε berechnet werden. Die in der Formel auftretenden Werte ϑ und A wurden bereits unter 4.3.2 und 4.2 berechnet. Der Winkel β ist die bereits genannte, der Mondkarte von Lohrmann [3] entnommene selenographische Breite des Berges Pico 444.

$$\begin{aligned} \sin(23^\circ 18' - \varepsilon) &= \sin 23^\circ 18' - \frac{152'13}{899'' \cos 45^\circ 31'} \\ &= 0,39555 - 0,24150 \\ &= \sin 8^\circ 52' \\ \varepsilon &= 23^\circ 18' - 8^\circ 52' \\ \varepsilon &= 14^\circ 26' \end{aligned}$$

* Bei weniger als halb erleuchtetem Mond Minuszeichen durch Plus ersetzen!

4.3.4 Berechnung der Sonnenhöhe am Berggipfel

Eine weitere wichtige Größe ist die zur Zeit der Beobachtung bestehende Sonnenhöhe γ am Pico. Ahnert gibt dafür in [1] die Formel

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \sin \varepsilon \cdot \cos \beta \\ \text{d. h.} \quad \sin \varphi &= \sin 14^\circ 26' \cdot \cos 45^\circ 31' \\ \varphi &= 10^\circ 03' 30'' \end{aligned} \quad (7)$$

4.3.5 Länge des Bergschattens in Teilen des Mondhalbmessers

Die Länge des Bergschattens s wird aus der Durchgangszeit S des Schattens in Bogensekunden unter Berücksichtigung des Mondradius ϱ (scheinbarer Radius in Bogensekunden) und des bereits errechneten Winkels ϑ (s. 4.3.2) ermittelt.

$$s = \frac{S}{\varrho \cdot \cos \vartheta} \quad (8)$$

Die Formel ist wieder Ahnert [1] entnommen. Die Länge des Schattens S wurde unter 4.2. berechnet, für den Mondradius habe ich den topozentrischen Wert ϱ' verwendet:

$$\begin{aligned} s &= \frac{6,5823''}{899'' \cdot \cos 23^\circ 18'} \\ s &= 0,007972 \end{aligned}$$

Die erhaltene Schattenlänge s ist in Teilen des Mondradius angegeben!

4.4 Berechnung der Höhe des Berges

Bevor nun die endgültige Berechnung der gesuchten Berghöhe vorgenommen werden kann, muß

noch ein letzter, in der dazu verwendeten Formel auftauchender Wert ermittelt werden. Es handelt sich dabei um den im Mondzentrum auftretenden Winkel zwischen Berggipfel und der Spitze des Schattenkegels, der hier mit φ bezeichnet ist (s. Abb. 8).

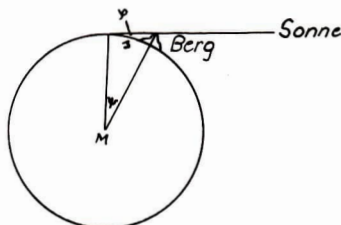


Abb. 8

Zur Durchführung der Rechnung ist noch zu bemerken, daß ich die bisherigen Aufgaben mit einer fünfstelligen Logarithmentafel gelöst habe. Zur Erzielung einer hinreichenden Genauigkeit ist für die folgenden Rechnungen eine sechs- oder siebenstellige Tafel erforderlich. U. U. muß man sich ein solches Tafelwerk durch Fernleihe über eine Stadt- oder Gemeindebibliothek besorgen.

Der Sinus des gesuchten Winkels ψ ist das Produkt von Schattenlänge und Kosinus der Sonnenhöhe am Berg:

$$\sin \psi = s \cdot \cos \varphi \quad (9)$$

$$\sin \psi = 0,007972 \cdot \cos 10^\circ 03' 30''$$

$$\psi = 0^\circ 26' 59''$$

Die nunmehr mögliche Berechnung der gesuchten Berghöhe erfolgt nach der Formel (Ahnert [1])

$$h = \left[\frac{\cos(\varphi - \psi)}{\cos \varphi} - 1 \right] \cdot 1738000 \text{ m} \quad (10)$$

$$h = \left[\frac{\cos(10^\circ 03' 30'' - 0^\circ 26' 59'')}{\cos 10^\circ 03' 30''} - 1 \right] \cdot 1738000 \text{ m}$$

$$= 0,00136 \cdot 1738000 \text{ m}$$

$$h = 2363,68 \text{ m}$$

Somit ergibt sich nach der von mir vorgenommenen Beobachtung und Berechnung für den Berg Pico 444 eine Höhe von rund 2364 m.

5. Einschätzung des Ergebnisses

Wie bereits erwähnt, berücksichtigt das angewandte Lösungsverfahren eine Reihe von Fehlerquellen, die sich vor allem aus den Bewegungsgesetzen des Mondes und seiner Stellung zur Erde ergeben. So wurde z. B. berücksichtigt, daß die Beobachtung nicht vom Erdmittelpunkt aus erfolgte, daß Mondäquator und Beleuchtungsäquator nicht identisch sind. Trotzdem enthält die Rechnung noch Vereinfachungen, die sich aber in geringerem Maße auswirken als die sich bei der Beobachtung zwangsläufig ergebenden Fehler, auf die ebenfalls bereits verwiesen wurde. Auf Grund der vorgenommenen Fehlerrechnung ergab sich ein Abweichen von der errechneten Höhe um $\pm 8,8\%$. Das bedeutet, daß die nach einem Mittelwert vorgenommene Berechnung im Ergebnis zwischen 2156 m und 2572 m streuen kann. Bei größerer praktischer Erfahrung ließe sich dieser Bereich sicher noch einengen, trotzdem liegen die Werte in der Nähe der in der Literatur angegebenen Höhen für Pico 444, die man natürlich zum Vergleich heranziehen wird. So gibt Lohrmann [3] einige Höhen in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe φ an, z. B. bei einer Höhe von $3^\circ 31' 2405 \text{ m}$, für $\varphi = 11^\circ$ bestimmte er die Höhe von Pico mit 2100 m (alle Werte gegen Osten gemessen). Sadil [5] gibt ebenfalls 2400 m an.

6. Lösung des Problems in Fachgruppen oder Arbeitsgemeinschaften

Bei diesem Vorhaben ging es darum, mit Hilfe der zu messenden Schattenlänge eines Mondberges dessen Höhe über seiner Umgebung zu bestimmen. Es erregt bei Laien oftmals Erstaunen und Verwunderung, wie man derartige Angaben auf dem für irdische Verhältnisse doch recht weit entfernten Himmelskörper bereits lange vor Beginn der astronautischen Erforschung ermitteln konnte. Man vergißt dabei zwar meist, daß ja auch auf der uns unmittelbar zugänglichen Erde keine direkten Höhenmessungen möglich sind. Trotzdem kann die Lösung einer solchen Aufgabe im Rahmen einer Fachgruppe (FG) oder einer Arbeitsgemeinschaft (AG) bei geschickter Führung durch den Leiter eine nicht geringe emotionale und erzieherische Wirkung hervorrufen, nötigt sie doch zur Achtung vor der wissenschaftlichen Leistung und vor dem Erfindungsgeist des Menschen. Da die Auswertung der Beobachtungsergebnisse, die gewisse mathematische Kenntnisse voraussetzt, doch einige

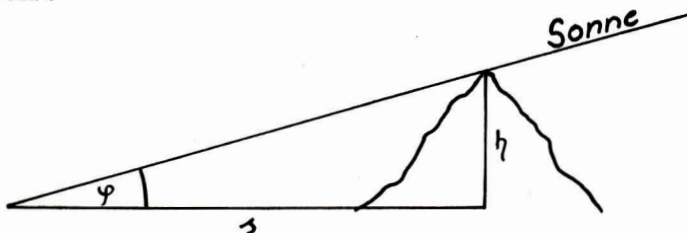
Schwierigkeiten in sich birgt, kann eine solche Aufgabe mit interessierten Laien ohne fundierte Grundkenntnisse oder mit Schülern der 10. Klassen nur unter Anleitung und mit Unterstützung des Leiters erfolgen. Gerade bei der Arbeit mit Schülern, die durch den obligatorischen Astronomieunterricht zu vertiefender Tätigkeit in einer AG angeregt wurden, empfiehlt sich eine Vereinfachung und Verkürzung des Rechenverfahrens. Zwar erfolgt das auf Kosten der Genauigkeit, aber der Lösungsweg wird übersichtlicher und verständlicher, wobei das Prinzip der Rechnung trotzdem das gleiche bleibt. So könnte z. B. in Formel (1) die Korrektur der projizierten Schattenlänge durch den Divisor $\cos P$ entfallen. Anstelle der Formeln (2) bis (4) gibt Ahnert [1] selbst eine einfachere Näherungsformel an:

$$\theta = (1 - L) - 90^\circ \text{ bzw. } \theta = 90^\circ - (1 - L)$$

Die erste Formel gilt für mehr, die zweite für weniger als halb erleuchtetem Mond.

Die Berechnung des scheinbaren Monddurchmessers nach Formel (6) könnte ebenfalls weggelassen werden. Nachdem Schattenlänge und Sonnenhöhe berechnet sind, kann man schließlich am Ende des Lösungsweges die etwas komplizierten Formeln (9) und (10) durch die i. a. geläufige Tangensfunktion ersetzen (Abb. 9).

Abb. 9



$$\tan \varphi = \frac{h}{s}$$

$$h = s \cdot \tan \varphi$$

Da man das Ergebnis in Teilen des Mondradius erhält, muß noch mit dem Radius multipliziert werden, um die Höhe in m zu erhalten:

$$h = 0,007972 \cdot \tan 10^\circ 03' 30'' \cdot 1738000 \text{ m}$$

$$h = 2457,6 \text{ m}$$

Wie man sieht, ist das so erhaltene Ergebnis zwar abweichend, aber durchaus noch akzeptabel. Leiter von FG und AG sollten, wenn sie sich zu einer derartigen Aufgabenstellung entschließen, bei der Wahl des Lösungsweges unbedingt von den vorhandenen Voraussetzungen der Mitglieder ausgehen. Der Wert einer solchen Arbeit dürfte wohl außer Zweifel stehen. Wenn man den Interessenten sowohl das Problem als auch den einzuschlagenden Lösungsweg geschickt zu erläutern versteht und deren Interesse geweckt hat, dann beteiligen sich selbst Anfänger mit Freude an der Lösung der Aufgabe. Vor allem stellt sich dabei ein Erfolgserlebnis ein, das Bereitschaft für eine weitere Mitarbeit weckt. Das sollte auch der Zweck dieser Ausführungen sein, die Arbeit der FG und AG durch diese sinnvolle und zugleich anspruchsvolle Aufgabenstellung interessant gestalten helfen.

Literatur:

- [1] Ahnert, Paul. Kalender für Sternfreunde 1962 (S. 133–135) und 1970.
- [2] Lohrmann, W. G. Mondkarte in 25 Sektionen, 2. Auflage, Leipzig 1963.
- [3] Hopmann, Probleme der Mondvermessung, in: Die Sterne 1963, S. 129ff.
- [4] Sadil, Josef. Blickpunkt Mond, Leipzig/Jena/Berlin 1962.
- [5] Melke, Heinz. Der Weg zum Mond, Berlin 1969.
- [6] Lindner/Wersig. Praktische Schülerbeobachtungen für den Astronomieunterricht, Berlin 1962.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung.

Prandtl	60 S	141 E
---------	------	-------

Ludwig (1875 – 1953), deutscher Physiker; Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Flüssigkeitsmechanik; ein Begründer der modernen Hydrodynamik und Aerodynamik; Forschungen über die Schallmauer, über den Überschallflug, Turbulenzen.

Priestly	57 S	108 E
----------	------	-------

Joseph (1733 – 1804), englischer Chemiker; entdeckte Sauerstoff, isolierte und beschrieb verschiedene Gase.

Purkyně	1 S	95 E
---------	-----	------

Jan E. (1787 – 1869), tschechischer Physiologe; Professor der Karls-Universität Prag; entdeckte die Purkyně-Zellen in der Rinde des Cerebellum; Fibernetz im Herzmuskel; führte den Begriff Protoplasma ein, Purkyně-Phänomen beim Farbeindruck; demonstrierte 1823 die Wichtigkeit von Fingerabdrücken.

Quételet	43 N	135 W
----------	------	-------

Lambert A. J. (1796 – 1874), belgischer Statistiker und Astronom; Leiter und Gründer des Königlichen Observatoriums; entwickelte Methoden von Simultanbeobachtungen astronomischer, meteorologischer und geodätischer Phänomene an verschiedenen Plätzen in Europa; Konzept der Statistik biologischer und demographischer Phänomene.

Racah	14 S	180
-------	------	-----

Giulio (1909 – 1965), italienisch-israelitischer Physiker; Professor, Jerusalem; Berechnung von atomaren Spektren.

Raimond	14 N	159 W
---------	------	-------

J. J. jr. (1903 – 1961), holländischer Astronom; Astronomisches Institut Groningen, Direktor des Planetariums Den Haag; langzeitiger Präsident der Niederländischen Gesellschaft der Amateur-Astronomen; popularisierte die Astronomie.

Ramsay	40 S	145 E
--------	------	-------

Sir William (1852 – 1916), britischer Chemiker; Professor Univ.-Coll. London; entdeckte inerte Gase; Nobelpreis 1904.

Rasumov	39 N	114 W
---------	------	-------

Wladimir V. (1890 – 1967), sowjetischer Raketenwissenschaftler und Erfinder von Flüssigtreibstoffraketen, Chef des Entwicklungsbüros für die Konstruktion des Ziolkowski'schen Ganzmetall-Luftschiffs.

Rayet	45 N	114 E
-------	------	-------

George A. P. (1839 – 1906), französischer Astronom; Direktor des Floirac-Observatoriums; entdeckte 3 Sterne (mit G. T. E. Wolf) in Cygnus mit starken Emissionslinien (Wolf-Rayet-Sterne).

Ricco	45 N	114 E
-------	------	-------

Annibale (1844 – 1911), italienischer Astronom; Direktor des Observatoriums Catania; Sonnenflecken, Astrophysik.

Riedel	49 S	140 W
--------	------	-------

Klaus (1907 – 1944), deutscher Raketentechniker; testete zusammen mit von Braun und anderen die ersten Sauerstoff-Benzin-Raketentriebwerke in Deutschland, was mit dem Bau der ersten wassergekühlten Flüssigtreibstoffrakete abschloß; von 1937 an Direktor für Bodenausrüstung im Raketenentwicklungszentrum in Peenemünde.

Riedel

Walter (1902 – 1968), deutscher Raketenwissenschaftler; Chefentwickler in Peenemünde, verantwortlich für die A4 (V2); entwickelte einen Raketenteststand zur präzisen Messung aller Triebwerksfunktionen während eines Triebwerktests.

Rittenhouse	74 S	107 E
-------------	------	-------

David (1732 – 1796), USA-Erfinder, Astronom, Mathematiker; Professor der Universität Pa.; wollte die Bewegungen der Planeten, die Mond- und Sonnenfinsternisse für 5000 Jahre darstellen; es wird angenommen, er habe das erste Teleskop der USA gebaut; Forschungen über Gitter, Spektren, Magnetismus, Elektrizität und barometrische Effekte.

Ritz	15 S	92 E
Walter (1878 – 1909), Schweizer Physiker; Forschungen über Spektralphysik, Ritz'sches Kombinationsprinzip.		
Roberts	71 N	175 W
Alexander W. (1857 – 1938), südafrikanischer Lehrer und Amateurastronom; variable Sterne und visuelle Doppelsterne.		
Robertson	22 N	105 W
Howard P. (1903 – 1961), USA-Physiker, Mathematiker; Professor Cal. Tech.; Differentialgeometrie; Relativität und Kosmologie, Interpretation der Rotverschiebung durch die Relativitätstheorie, bes. den Term 2. Ordnung.		
Roche	42 S	135 E
Edouard A. (1820 – 1883), französischer Astronom, Montpellier; Gezeiteinfluß auf Satelliten; „Roche-Grenze“.		
Rowland	57 N	163 W
Henry A. (1848 – 1901), USA-Physiker; Professor, Johns Hopkins-Universität; Entdeckung der Magnetwirkung auf Grund elektrischen Stromes; konkave Gitter; Maschine zum Linieren von Gittern; Sonnenspektrum (Rowland-Atlas).		
Roschdestvensky	86 N	155 W
D. C. (1876 – 1940), sowjetischer Physiker; Gründer und Direktor des Staatlichen Instituts für Optik; Forschung über atomare Spektren; absolute Oszillatorverstärkung.		
Rumford	29 S	170 W
Count Benjamin (Thompson) (1773 – 1814), amerikanisch-britischer Physiker; Geschütz-Experimente, die zeigten, daß Wärme ein Attribut der Bewegung ist; widerlegte die Charakteristik der Wärme als Substanz (kalorische).		
Rydberg	47 S	96 W
Johannes R. (1854 – 1919), schwedischer Physiker; Professor, Lund; Formeln für Spektrallinien; Rydberg-Konstante.		
Rynin	37 N	86 E
Nikolai A. (1877 – 1942), sowjetischer Raketenwissenschaftler; Autor einer Anzahl von Studien über Raketenbau, interplanetare Verbindungen und Erforschung der Stratosphäre; experimentelle Studien der Probleme im Zusammenhang mit dem Einfluß der Inertialbeschleunigung auf lebende Organismen.		
Saenger	4 N	102 E
Eugen (1905 – 1964), deutscher Raketeningenieur; Forschung und Erstveröffentlichung (1930) über Physik und Technologie des Raketenantriebes; 1936 Gründer des Raketenforschungszentrums in Trauen bei Hannover; Forschungen über Aerodynamik in großen Höhen, raketengetriebene „Sprung-Flugzeuge“.		
Šafařík	10 N	177 E
V. (1829 – 1902), tschechischer Astronom; Professor der Universität Prag; Beobachtungen Veränderlicher Sterne; Konstruktion von Reflektoren, Erfindung von Legierungen für metallische Spiegel.		
Saha	2 S	103 E
Mahnad (1893 – 1956), indischer Astrophysiker; Professor der Universität Calcutta; Gründer des Instituts für Kernphysik Calcutta; entwickelte physikalische Theorie der Stellspektren, Saha-Ionisationsgleichung, welche Temperatur, Elektronendruck und Ionisationsgrad in Verbindung bringt; Forschung über Sonnenkorona; Theorie der Spektren.		
St. John	10 N	150 N
Charles E. (1857 – 1935), USA-Solarphysiker, Astronom, Mt.-Wilson-Observatorium, überarbeitete Rowlands vorläufige Tabellen der Wellenlängen des Sonnenspektrums; Forschungen über die Bewegung und Zirkulation in Sonnenprotuberanzen und der Sonnenatmosphäre; maß spektroskopisch die Rotationsperiode der Sonne; Relativitätsverschiebung der Wellenlänge.		
Sanford	32 N	139 W
Roscoe F. (1883 – 1958), USA-Astronom, Mt.-Wilson-Observatorium; Forschungen über Astrophysik, spektroskopische Verdopplungen, variable Cepheiden, interstellare Entfernungen und Geschwindigkeiten, Kohlenstoffisotope in Sternen.		

Sarton	49 N	121 W
George (A. L.) (1884 – 1950), belgisch-amerikanischer Wissenschaftshistoriker; Professor der Universität Harvard; Autor zahlreicher Bücher über Wissenschaftsgeschichte früherer Zeiten.		
Scaliger	27 S	109 E
Joseph H. (1540 – 1609), Schüler (geb. in Agen, Frankreich); Professor in Leiden; legte die Grundlagen für die moderne Chronologie; entwarf das erste völlig wissenschaftliche Zeitsystem, das auf einem Zyklus von 7980 Jahren basierte (Julianische Periode).		
Schaeberle	26 S	117 E
John M. (1853 – 1924), USA-Astronom, Lick-Observatorium; leitete einige Sonnenfinsternis-Expeditionen; entdeckte 3 Kometen; konstruierte eine langbrennweitige Teleskop-Kamera.		
Schjellerup	69 N	157 E
H. C. (1827 – 1887), dänischer Astronom, Kopenhagener Universitätsobservatorium; Katalog der roten Sterne; Katalog von 10000 mit dem Meridian-Kreis beobachteten Sternen; Übersetzung des Katalogs von Al Sufl.		
Schlesinger	47 N	138 W
Frank (1871 – 1943), USA-Astronom; Direktor des Yale-Observatoriums; Autor eines Katalogs von 4000 Sternentfernungen; Sternphotographie, Parallaxen, Verdopplungen von Spektrallinien, Radialgeschwindigkeit, Sonnenrotation.		
Schliemann	2 S	155 E
Heinrich (1822 – 1890), deutscher Archäologe, Begründer der Archäologie der griechischen Bronzezeit, inspiriert durch den Glauben an die historische Richtigkeit von Homers Ilias; grub Hissarlik (Troja), Mykene, Tiryns aus und bewies, daß die von Homer beschriebene Zivilisation nicht nur ein Mythos war.		
Schneller	42 N	164 W
H. (1901 – 1967), deutscher Astronom, Berlin-Babelsberg, Sonneberg, Potsdam; Veränderliche Sterne.		
Schönfeld	45 N	98 W
Eduard (1828 – 1891), deutscher Astronom; Professor, Bonn; katalogisierte 133 659 Sterne von 2 – 23° S sowie 489 Nebel; assistierte Argelander beim Katalogisieren von Sternen von 9 bis 10° N.		
Schorr	19 S	90 E
Richard (1867 – 1951), deutscher Astronom; Professor, Direktor des Hamburger Observatoriums Bergedorf; 2. AG-Kataloge; Verfinsterungs-Expeditionen.		
Schrödinger	75 S	133 E
Erwin (1887 – 1961), österreichischer Physiker; Direktor der Schule für Theoretische Physik beim Institut für Adv. Study, Dublin; Nobelpreis für Physik 1933; Schrödingersche Wellengleichung; begründete die Wellenmechanik (neue Basis der Quantentheorie); Forschung über spezifische Wärme von Feststoffen und statistische Thermodynamik.		
Schuster	4 N	147 E
Sir Arthur (1851 – 1934), britischer Mathematiker, Physiker, Deutschland und England; Forschungen über Spektroskopie, Elektrizität, Magnetismus, Kathodenstrahlen, Zeeman-Effekt; stellte die erste Photographie des Spektrums der Sonnenkorona her (1882).		
Schwarzschild	71 N	120 E
Karl (1873 – 1916), deutscher Astronom; Professor, Göttingen, Direktor des Observatoriums Potsdam; Forschungen über Kometen, bevorzugte Sternenbewegungen; Theorie der Sternatmosphären sehr massiver Körper; geometrische Optik.		
Seares	74 N	145 E
Frederick H. (1873 – 1964), USA-Astronom, Mt.-Wilson-Observatorium; Forschungen über die Theorie der Umlaufbahnen, Störungen, das generelle magnetische Feld der Sonne; Verteilung der Sterne.		

Fortsetzung folgt.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Exkursion nach Moskau und Leningrad

Im Juli 1971 besuchte eine 30 Teilnehmer zählende Reisegruppe des Deutschen Kulturbundes Moskau und Leningrad. Die vom Bundessekretariat in die Wege geleitete Reise diente außer der Besichtigung von Kulturstätten der Aufgabe, fachbezogene Einrichtungen der Astronomie in der Sowjetunion kennenzulernen. Eine interessante Kombination von Erholung und Weiterbildung für die zahlreich teilnehmenden Amateurastronomen. Die Reiseleitung hatte Bfr. Diplom-Astronom Erich Bartl, Apolda, übernommen. Neben dem Besuch einzigartiger Kultureinrichtungen wurde die Reise besonders durch den lebhaften Erfahrungsaustausch mit sowjetischen Freunden der Astronomie zu einem unvergesslichen Erlebnis für alle Teilnehmer.

In Moskau wurde das Planetarium besucht, welches in seinen Vorräumen eine beeindruckende Aufstellung von Großmodellen der Astronomie, teilweise mit präziser Automatik versehen, darbietet, so daß diese Bildungsstätte, zusammen mit den Anschauungsmodellen im sich anschließenden Gartengelände, einen Schatz an Bildungswerten besitzt; für unsere oft nüchtern ausgestatteten Planetarien in der DDR ein nachahmenswertes Beispiel.

Auf dem Gelände der Allunions-Ausstellung in Moskau wurde für uns die große Halle „Kosmos“, in welcher Modelle von Raumraketen, einzelnen und gekoppelten Raumflugkörpern, Raumkabinen von außen und innen in Originalgröße, Raumanzüge und viele weitere Einzelheiten astronomischen und astronautischen Charakters zu sehen waren, zu einem weiteren Erlebnis von großer Eindringkraft. Am zweiten Tag unseres Aufenthaltes verbrachten wir außer weiteren weltbekannten Kultureinrichtungen das Lenin-Mausoleum, den Kreml und standen in Ehrfurcht an den noch frischen Gräbern der verunglückten drei Astronauten von Sojus 11.

Am Morgen des 25. Juli reisten wir in Leningrad bei bestem Wetter an. Eine Stadtrundfahrt gab einen ersten Eindruck von dieser weltgeschichtlich bedeutenden Stadt, die im 2. Weltkrieg einem 900 Tage währenden Beschuß durch die faschistische Wehrmacht ausgesetzt war. Die gesamte Innenstadt ist wieder in ihrer historischen Schönheit aufgebaut worden. Bereits am ersten Tage erwartete uns eine besondere Überraschung: Der Tag der sowjetischen Seestreitkräfte wurde festlich begangen. Ein reizvolles Bild bot sich unseren Augen: Hunderttausende festlich gekleideter Menschen, voller Lebensfreude und Begeisterung, an den Ufern der Newa. Und dann der Ausklang: Ein prächtiger Sommerabend — eine der bekannten „Weißen Nächte“ am 60. Breitenkreis — mit dem traditionellen Feuerwerk erhöhte für uns den Zauber dieser ruhmreichen Stadt.

In den Leningrader Tagen brachten uns die Besuche des Winter-Palais, des Smolny, der Piskarjowskoje-Gedenkstätte und der Besuch von Bawlitzki, wo Lenin in den Tagen der größten Gefahr sich verborgen hielt, neue Erlebnisse. Den Kostbarkeiten der Kunstschätze der Eremitage galt unsere ungeteilte Aufmerksamkeit. Zuletzt erlebten wir noch im Kirow-Theater die Aufführung eines glänzenden Balletts. Ein Vormittag führte uns hinaus nach dem Petershof, der ehemaligen Sommerresidenz Peters I. Diese herrlichen Bauten und Anlagen mit ihren großartigen Wasserspielen, direkt am Finnischen Meerbusen gelegen, sind heute eine Erholungsstätte für alle arbeitenden Menschen geworden.

Fachlicher Höhepunkt der Reise war der Besuch der Sternwarte Pulkowo in der Nähe von Leningrad. Dieses Hauptobservatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR besitzt außer zahlreichen Einrichtungen für die Beobachtung der Sonne und für andere Forschungsaufgaben auf einer weit ausladenden Erhebung im sonst ebenen Gelände sehr interessante Aufbauten für den Empfang der Radiofrequenzstrahlung aus dem Kosmos. Das Pulkowo Radioteleskop besteht aus einem im Halbkreis angeordneten System von 90 Reflektorplatten mit Abmessungen von $3 \times 1,5$ m. Jedes dieser Elemente ist in allen drei Dimensionen beweglich einstellbar. Paraboloid und Primärantenne sind auf einem Gleiswagen fahrbar montiert. Unter der großen Anzahl weiterer Instrumente fanden besonders die Interferometer unser Interesse. Prof. Dr. Michailow, der Nestor des Instituts, und die wissenschaftlichen Mitarbeiter waren uns für viele Stunden ausgezeichnete Betreuer.

10 Tage Moskau und Leningrad — eine zu kurze Zeit, um sagen zu können, wir hätten ein erschöpfendes Bild von diesen beiden Weltstädten des Sowjetlandes erhalten. Doch das größte Erlebnis möchte ich zum Abschluß zum Ausdruck bringen, zugleich als Dank für die überaus herzliche Gastfreundschaft, die uns in der Sowjetunion entgegengebracht wurde: Das größte Erlebnis war uns der sowjetische Mensch! An ihm spürt man auch im Alltag, daß in diesem Lande eine große, gute und weltverändernde gesellschaftliche Kraft wirksam ist.

ERICH EILTZER

Ergebnis des Fotowettbewerbs anläßlich der sowjetischen Kosmosausstellung in Karl-Marx-Stadt

Die Mitarbeiter der Schulsternwarte und Satellitenstation Rodewisch hatten anläßlich der sowjetischen Kosmosausstellung in Karl-Marx-Stadt zu einem Fotowettbewerb über Presse, Rundfunk und durch den Deutschen Kulturbund unter dem Motto aufgerufen:

„Wer schießt die beste Bahnspuraufnahme der ersten wissenschaftlichen Orbitalstation Salut 1?“

Die große Anzahl und die gute Qualität der eingesandten Aufnahmen überraschten nicht nur die Mitarbeiter der Schulsternwarte.

Für die Jury, bestehend aus den Mitgliedern des Zentralen Fachausschusses Astronomie, war es eine recht schwierige und umfangreiche Aufgabe, aus den 82 Einsendungen die besten Fotos auszuwählen. Nach eingehender Prüfung und Bewertung aller eingereichten Aufnahmen fiel folgende Entscheidung:

1. Preisträger (Foto im Bildteil des Heftes, S. II)
2. Preisträger
3. Preisträger
4. Preisträger

Gottfried Beygang, Karl-Marx-Stadt
Bernhard Eckstein, Leipzig
Rolf Keilau, Elfeld
Lothar Thiele, Rodewisch

5. Preisträger

8. – 10. Preisträger

hau; Karlheinz Müller, Drebach; Rainer Illgen, Zwönitz; Reiner Metzner, Mühlleiten.

Martin Franze, Zittau

Rolf Keilau, Elfeld; Werner Tuttschky und Werner Fröbel, Obern-

Für eine gelungene Fotomontage aus einer Bahnsuraufnahme von Salut 1 und einer Aufnahme des in Moskau stehenden Denkmals der sowjetischen Kosmonauten erhielten Werner Tuttschky und Werner Fröbel, Obern-, einen vom Deutschen Kulturbund gestifteten Sonderpreis.

Der sowjetische Direktor der Ausstellung, Genosse Dr. Kusnezow, ließ es sich nicht nehmen, zum Jahrestag des Startes von Sputnik 1, am 4. Oktober, in Anwesenheit der Organisatoren des Wettbewerbes die ersten drei Preisträger persönlich auszuzeichnen. Er überreichte ihnen Urkunden, Blumen und die wertvollen Preise (Abb. 2 im Bildteil des Heftes, S. III). Anschließend sprach Prof. Penzel, Leiter der Schulsternwarte Rodewisch und geistiger Vater des Fotowettbewerbes, allen Teilnehmern und Organisatoren, vor allem der Ausstellungsleitung, den Bezirkspresseorganen, dem Deutschen Kulturbund und dem Bezirksvorstand der Gesellschaft für Deutsch-Sowjetische Freundschaft den Dank aus.

Die große Resonanz und der Erfolg des Wettbewerbes drücken sich nicht nur in der Anzahl der eingesandten Fotos aus, sondern auch in Zuschriften, die die Schulsternwarte Rodewisch in großer Zahl erhalten hat. So schrieb Herr Ch. Neubert aus Grünhainichen: „Als völliger Laie in der Astronomie versuche ich hiermit, mich am Fotowettbewerb zu beteiligen. Wie die Vermarktung der Bahnsur zustande kommt, ist mir völlig schleierhaft. Meine ganze Brigade hatte an diesem Abend den Flug der kosmischen Station beobachtet und es gab am nächsten Tag viel Diskussionen um das Foto. Schließlich wurde ich aufgefordert, das Foto doch an Sie einzuschicken.“

Diese Zeilen zeigen, wie schwierig es ist, Bahnsuraufnahmen zu erhalten, und sicher haben viele Bürger eine Aufnahme versucht, ohne das Resultat einzuschicken. Noch bedeutend größer ist zweifellos die Zahl derer, die durch die Veröffentlichung der Überflugzeiten die erste wissenschaftliche Orbitalstation Salut 1, Symbol für die führende Rolle der Sowjetunion in der Weltraumforschung, mit dem bloßen Auge sehen konnten.

Nach der Preisverleihung fand ein reger Erfahrungsaustausch zwischen den ersten Preisträgern und den Satellitenbeobachtern aus Rodewisch statt. Vor allem wurden Fragen der Geräteaufstellung, der Belichtungszeit, des Fotomaterials und der Motivwahl erörtert. Dabei freute sich der Gewinner des ersten Preises, Herr Beygang, einmal Bernhard Eckstein, wenn auch nicht im Radfahren, geschlagen zu haben.

In seinen abschließenden Worten dankte Genosse Dr. Kusnezow nochmals für die Organisation und Durchführung des Fotowettbewerbes „Salut 1“. Durch den großen Besucherstrom, durch eine Vielzahl von Anfragen und Hinweisen und auch durch die rege Beteiligung am Fotowettbewerb kommt das begeisterte Interesse und die Anteilnahme der Bevölkerung unserer Republik für die epochemachenden Leistungen und Erfolge der sowjetischen Weltraumforschung zum Ausdruck.

DIETHARD RUHNOW

Schulsternwarte Rodewisch

Kepler-Ehrung in Halle

Zu einem Treffen der Amateurastronomen hatten die beiden Fachausschüsse Astronomie der Bezirke Halle und Leipzig gemeinsam mit der Astronomischen Station „Johannes Kepler“, Halle-Kanena, für den 23. 10. 1971 nach Halle in das Haus des Lehrers eingeladen. Einziges Anliegen der Festveranstaltung war es, den bedeutenden Astronomen Johannes Kepler aus Anlaß der 400. Wiederkehr seines Geburtstages zu ehren und zu würdigen. Erfreulich war, daß der Leiter der Astronomischen Station und Vorsitzende des Bezirksfachausschusses Halle, Bfr. Karl Kockel, neben den Amateuren und Gästen aus beiden Bezirken auch zahlreiche Besucher aus allen Teilen der DDR willkommen heißen konnte.

Das rege Interesse für diese Veranstaltung war sicher auch auf die glückliche Programmwahl zurückzuführen. Die daran geknüpften Erwartungen wurden durch die Vortragenden noch überboten.

Im Einführungsvortrag sprach Dr. habil. Otto Günther (Zentralinstitut für Astrophysik, Potsdam) zum Thema „Kepler – Leben – Mensch und Werk“. Der Redner wußte sehr gut die inneren Zusammenhänge aufzudecken, die zwischen Keplers Leben und Schaffen einerseits und seiner Zeit andererseits erkennbar sind. Deutlich wurde dabei Keplers Mut, dessen er ja bedurfte, um sich in jener Zeit durch so ungewöhnliche Leistungen auszeichnen zu können. Deutlich wurde aber auch, daß Kepler ein wichtiges Glied in der Geschichte der Menschheit und der Wissenschaft ist, dessen Rolle nur richtig gewürdigt werden kann im Zusammenhang mit der Bedeutung seiner Vorgänger, Zeitgenossen und Nachfolger. Dem reich mit Beifall bedachten Referenten gelang es, ein umfassendes Keplerbild zu zeichnen und vorhandene teils falsche, teils ungenaue Ansichten, die durch manche Biographen Keplers entstanden sind, richtigzustellen.

Das Thema Dr. Hermanns (Archengold-Sternwarte Berlin-Treptow) „Von Keplers Gravitationsvorstellungen bis zu den Schwerkraftwellen“ verriet bereits, daß der Bogen darzustellender Wissenschaftsgeschichte sehr weit gespannt sein und bis in die Gegenwart führen würde. Dementsprechend zeigte der Redner, daß die Vorstellungen Keplers ihre Wurzeln bei den griechischen Naturphilosophen haben, daß sie jedoch bei ihm eine neue Qualität anzunehmen beginnen, indem nun die Hauptkraft des Systems nicht mehr in der Erde, sondern in der Sonne vermutet wird. Schließlich konnte der Referent durch sein mitreißendes Temperament seine Zuhörer befähigen, ihm über Isaac Newton bis zu den theoretischen Versuchen und den Experimenten zum Nachweis der Schwerkraftwellen zu folgen.

Als dritter Redner sprach Dr. Paul Ahnert (Sternwarte Sonneberg) über „Störungen der Keplerbahnen“. Bei diesem Vortrag wurde deutlich, wie diffizil dieser Problembereich ist. Dr. Ahnert konnte zeigen, wie genial Keplers Leistung war, die Planetengesetze überhaupt aufzufinden und zu formulieren. Dabei wurde deutlich, wie gesetzmäßig in der Wissenschaftsgeschichte die Entwicklung vorangeht: Zur Auffindung der Gesetze war ein gewisser Genauigkeitsgrad der Beobachtungen notwendig. Dieser war durch die Messungen Tycho de Brahes gegeben. Aber bei der Meßgenauigkeit bereits des 18. Jahrhunderts wäre es sehr schwer geworden, diese Gesetze in ihrer allgemeinsten Form aus den Beobachtungen abzuleiten. Dr. Ahnerts Ausführungen, durch Bildmaterial unterstützt, waren beste populärwissenschaftliche Darstellung, für die ihm dankbarer Beifall ausgedrückt wurde.

Nach dem Abschluß der Feier war es auswärtigen Gästen noch möglich, die gastgebende Astronomische Station zu besichtigen und deren Leiter mit seinem Mitarbeiterkollektiv sowohl für die Aktivität bei der Popularisierung astronomischen Wissens, als auch für die geleistete Arbeit, die zum Aufbau einer solchen Station notwendig war, Anerkennung zu zollen.

HEINZ ALBERT
Sternwarte Crimmitschau

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pflaffe

Die Weltraumforschung und die Weltorganisation für Meteorologie

(World Meteorological Organization — WMO)

Dr. HARRY FELLHAUER

Allgemeines

Die Entwicklung künstlicher Satelliten hat einen beträchtlichen Einfluß auf die Aktivitäten der WMO ausgeübt und hat sehr großen Nutzen für die nationalen Meteorologischen Dienste in der ganzen Welt erbracht. Die Wirkung auf die WMO ist in der Tat so bedeutend gewesen, daß praktisch alle der konstituierten Körperschaften der Organisation direkt oder indirekt mit Weltraumaktivitäten befaßt sind.

Organisationsstruktur

Ziele der WMO

Die Ziele der Organisation bestehen u. a. in

- der Erleichterung der weltweiten Zusammenarbeit bei der Errichtung von Stationsnetzen für die Durchführung meteorologischer Beobachtungen oder anderer geophysikalischer Beobachtungen
- der Förderung der Errichtung und Unterhaltung von Nachrichtensystemen für den schnellsten Austausch von meteorologischen Informationen
- der Förderung von Forschung, Aus- und Weiterbildung in der Meteorologie.

Der Meteorologische Weltkongreß (World Meteorological Congress)

Der Meteorologische Weltkongreß ist das höchste Organ der WMO. Er setzt sich aus den bevollmächtigten Delegierten der Mitgliedsstaaten und Territorien zusammen, wobei entsprechend der WMO-Konvention (World Meteorological Convention) in der Regel jedes Mitglied der Organisation durch seinen Direktor des Meteorologischen Dienstes mit einer Stimme im Kongreß vertreten ist. Der Kongreß, der mindestens alle 4 Jahre tagt, legt die allgemeinen Bestimmungen hinsichtlich des Statuts und der Funktionen der verschiedenen WMO-Organe fest, erläßt technische Normen für meteorologische Praktiken und Verfahren und bestimmt die allgemeine Politik zur Realisierung der Ziele der Organisation. Der Kongreß bildet die Regionalvereinigungen (z. Z. 6) und die Technischen Kommissionen (z. Z. 8).

Das Exekutivkomitee

Das Exekutivkomitee hat 24 Mitglieder: den Präsidenten und die 3 Vizepräsidenten der WMO, die Präsidenten der 6 Regionalvereinigungen und die 14 Direktoren von Meteorologischen Diensten der Mitgliedsstaaten, die von dem Kongreß auserwählt wurden.

Es tritt mindestens einmal im Jahr zusammen. Das Komitee führt die Aktivitäten der WMO entsprechend den Kongreßbeschlüssen aus.

Die Regionalvereinigungen

Es gibt 6 Regionalvereinigungen, und zwar je eine für Afrika, Asien, Südamerika, Nord- und Zentralamerika, Süd-West-Pazifik und Europa.

Die Regionalvereinigungen setzen sich aus den WMO-Mitgliedern zusammen, die ihre meteorologischen Dienste in dem betreffenden Gebiet haben. Die Regionalvereinigungen tagen so oft es erforderlich ist und prüfen vom regionalen Standpunkt aus alle Fragen, die ihnen vom Exekutivkomitee vorgelegt werden. Jede Vereinigung ist für die Koordinierung der meteorologischen Aktivitäten und die Förderung der Durchführung der WMO-Resolutionen in ihrem Gebiet verantwortlich.

Die Technischen Kommissionen

Die Technischen Kommissionen, die vom Kongreß gebildet wurden, setzen sich aus Experten der reinen und der angewandten Meteorologie zusammen. Die Kommissionen studieren die verschiedenartigen meteorologischen Probleme, und sie nehmen technische Empfehlungen an, die dem Exekutivkomitee und dem Kongreß anschließend zur Genehmigung übersandt werden.

Die WMO hat 8 Technische Kommissionen gebildet. Von diesen Kommissionen befassen sich folgende grundsätzlich mit Weltraumaktivitäten: Kommission für synoptische Meteorologie, Kommission für atmosphärische Wissenschaften, Kommission für Klimatologie, Kommission für Instrumente und Methoden der Beobachtung, Kommission für hydrologische Meteorologie.

Arbeitsgruppen und Expertenlisten bzw. -gremien

Jede Regionalvereinigung und jede Technische Kommission kann im Rahmen ihres Kompetenzbereiches Arbeitsgruppen einsetzen.

Das Exekutivkomitee kann Expertenlisten aufstellen, damit es für wichtige Spezialfragen, die nicht spezifisch im Rahmen des Arbeitsgegenstandes der Technischen Kommissionen liegen, auf die entsprechenden Fachleute zurückgreifen kann. Die Empfehlungen von Arbeitsgruppen und Experten haben innerhalb der WMO keinen offiziellen Charakter, solange sie nicht durch das Exekutivkomitee oder den Kongreß bestätigt worden sind.

Das Sekretariat

Das Sekretariat, dessen Sitz sich in Genf befindet, vervollständigt die Struktur der WMO. Unter der Leitung des Generalsekretärs führt das internationale Personal die technischen und die Verwaltungsarbeiten der Organisation durch. Es unternimmt technische Studien, bereitet die spezialisierten internationalen Publikationen vor, fungiert während der Tagungen der verschiedenen WMO-Körperschaften als Sekretariat und unterhält die Verbindungen zwischen den verschiedenen meteorologischen Diensten der Welt.

Erdatmosphärisches Forschungsprogramm

Neben seinen Organen hat die WMO gemeinsam mit dem Internationalen Rat der wissenschaftlichen Gesellschaften (ICSU — International Council of Scientific Unions) das Gemeinsame Organisationskomitee (JOC — Joint Organizing Committee) für das Erdatmosphärische Forschungsprogramm (GARP — Global Atmospheric Research Programme) gebildet. Das JOC wird von einer kleinen, beim WMO-Sekretariat ganzjährig arbeitenden Gruppe — dem Gemeinsamen Planungstab (JPS — Joint Planning Staff) — unterstützt.

Laufende Programme und Aktivitäten

Im Dezember 1961 hat die UN-Vollversammlung — die neuen Möglichkeiten anerkennend, die durch die Anwendung der Weltraumtechnik bestehen — die Resolution 1721 (XVI) angenommen, die sich mit der internationalen Kooperation zur friedlichen Nutzung des Weltraums befaßt. Ein Abschnitt dieser Resolution enthielt die Aufforderung an die WMO, den potentiellen Nutzen der Entwicklungen auf dem Gebiete der Weltraumtechnik zu untersuchen und aus den Studien, die dieser Aufforderung entsprechend angefertigt worden sind, wurde sichtbar, daß die Zeit für eine vollständige Revision der bestehenden Weltwettersysteme und für die Vorbereitung eines Planes für ein neues System, das die gesamte neue Technologie in einem einzigen zusammenhängenden Weltdienst — der Welt-Wetter-Wacht (WWW — World Weather Watch) — vereinigt, reif war.

Im Jahre 1962 verabschiedeten die UN die Resolution 1802 (XVII), die den ICSU aufforderte, über seine Mitgliedsorganisationen und nationalen Akademien ein ausgedehntes Programm der atmosphärischen Wissenschaftsforschung zu entwickeln, das die von der WMO geförderten Programme er-

gänzen sollte. Das führte im Ergebnis im Oktober 1967 zu der Unterzeichnung einer Vereinbarung zwischen der WMO und dem ICSU über das Erdatmosphärische Forschungsprogramm (GARP). Zwischen dem IV. und V. Meteorologischen Weltkongreß arbeitet das WMO-Sekretariat — unter Ausnutzung von Konsultanten und informeller Planungsberatungen — eng mit den Mitgliedern und den Technischen Kommissionen zusammen, die damit beschäftigt waren, einen Plan für die WWW aufzustellen. Das Exekutivkomitee schätzte den Fortschritt der Planausarbeitung jährlich ein und legte Leitlinien für die Planfertigstellung fest. Der erste WWW-Plan und das Realisierungsprogramm, das sich auf den Zeitraum 1968 bis 1971 bezog, wurden vom V. Meteorologischen Weltkongreß im April 1967 in Genf einstimmig angenommen. Diese beiden Programme, die WWW und das GARP sind die Hauptgebiete, auf denen die WMO mit den Weltraumaktivitäten verbunden ist.

Die Welt-Wetter-Wacht (WWW)

Die Welt-Wetter-Wacht ist als ein weltweites meteorologisches System konzipiert, das zusammen-gesetzt ist aus den koordinierten nationalen Zuarbeiten und den Diensten von individuellen Mit-gliedern, ergänzt durch die internationalen Organisationen. Ihr Hauptzweck besteht darin, zu ge-währleisten, daß alle Mitglieder jene meteorologischen Informationen erhalten, die sie für ihre prak-tische und ihre Forschungsarbeit benötigen. Diese Informationen umfassen sowohl meteorologische Beobachtungen als auch verarbeitete Daten. Für die operative Arbeit müssen die Informationen recht-zeitig und koordiniert empfangen werden, während die Informationen für Forschungszwecke in ge-eigneten Formen leicht zugänglich sein müssen.

Die wesentlichen Operationselemente der WWW sind:

- a) Das globale Beobachtungssystem, bestehend aus den basissynoptischen Netzwerken und anderen Netzwerken von Stationen auf dem Lande und zur See, den meteorologischen Beobachtungen durch Luftfahrzeuge, den meteorologischen Satelliten und anderen Beobachtungsgeräten;
- b) Das globale Datenverarbeitungssystem, bestehend aus den meteorologischen Zentren und den Anordnungen für die Verarbeitung der Basisbeobachtungsdaten (real-time uses) und für die Speicherung und Abberufung der Daten (nonreal-time uses);
- c) Das globale Telekommunikationssystem, bestehend aus den Erleichterungen für die Telekommuni-kation und den Vorkehrungen, die für die schnellste Sammlung und den zügigen Austausch der Basisbeobachtungsdaten und der verarbeiteten Informationen notwendig sind.

Der Plan der Welt-Wetter-Wacht für 1968—1971

Die Ergebnisse, die in Durchführung des WWW-Planes nach seiner Annahme im Jahre 1967 erzielt wurden, haben bereits viele WMO-Mitglieder in die Lage versetzt, verbesserte meteorologische Dienste für ihre nationalen Volkswirtschaften zu entwickeln. So ist es z. B. jetzt möglich, auf einer Routine-basis bessere hemisphärische und globale Wetteranalysen und -prognosen vorzubereiten. Ferner ha-ben die durch operative Wettersatelliten regelmäßig übermittelten Wolkenbilder zu einer Ver-besserung der Wettervorhersagen, insbesondere in solchen Teilen der Welt geführt, die an Gebiete angrenzen, in denen die Beobachtungen von Bodenstationen aus unzulänglich sind. Es ist offensicht-lich, daß im gesamten Welt-Wetter-Wacht-Programm die Anwendung der meteorologischen Satel-litendaten davon abhängt, in welchem Maße diese Satellitendaten geeignet sind, die konventionellen oberflächenbasierten Beobachtungsmethoden zu ergänzen, so daß der Wissenschaftler für atmo-sphärischen Fragen diejenigen meteorologischen Daten erhält, die er benötigt. Es gibt gegenwärtig drei operative Wettersatellitensysteme, die als ein Teil des „Globalen Beobachtungssystems“ der Welt-Wetter-Wacht betrachtet werden, das Tiros Operational System (TOS), das Improved TIROS Operational Satellite System (ITOS) der USA, und das Meteor-System der UdSSR.

Es ist verständlich, daß das TOS in nächster Zukunft eingestellt wird, weil keine TOS-Satelliten mehr gestartet werden. Das ITOS-System und das Meteor-System übermitteln Fernsehbilder — im sicht-baren und im Infrarotspektrum — der Wolkendecke und der Erdoberfläche in wolkenlosen Gebieten. Auf diese Weise ist bereits das Stadium erreicht worden, in dem die Wolkensysteme der ganzen Erde unter ständiger Kontrolle gehalten werden können; keine größeren Stürme können länger als einige Stunden existieren, bis sie entdeckt werden, und ihre Bewegung und Entwicklung können anschließend detailliert verfolgt werden. Der Wert dieser Systeme für den Erlaß von Warnungen vor solchen ge-fährlichen Phänomenen wie Hurrikane und Taifune ist nur eines der Beispiele für den Nutzen, der sich bereits heute ergibt.

Anfänglich mußten die Informationen in dem die Erde umkreisenden Satelliten gespeichert werden, bis sie von dem entsprechenden nationalen Satelliten-Auswertungszentrum abgerufen und an die Be-nutzer weitergeleitet werden konnten. Eine zusätzliche wichtige Verbesserung des US Tiros Opera-

tional System (TOS) konnte im Jahre 1966 wirksam werden und ist als Automatic Picture Transmission (APT), d. h. als automatische Bildtransmission bekannt geworden. In diesem System werden die Informationen unverzüglich von dem Satelliten übermittelt, ohne daß es notwendig ist, irgendwelche speziellen Speichergeräte zu benutzen. Die Transmissionen können von jedem Land empfangen werden, über das der Satellit fliegt, und zwar mittels eines relativ einfachen Bodenempfangsgerätes. Dieses Gerät ist von großem Wert, insbesondere für solche Länder, die in der Nähe von Ozeanen liegen oder in denen das konventionelle meteorologische Beobachtungssystem noch nicht voll entwickelt ist, da mittels dieser einfachen Ausrüstung Fotokopien von Gebieten in einer Ausdehnung von etwa 2000 km regelmäßig erlangt werden können. Genaue Beschreibungen der erforderlichen Bodenausrüstungen sind den interessierten Mitgliedern der WMO allgemein zugänglich gemacht worden, und viele Länder haben diese Ausrüstung für ihre eigenen Stationen konstruiert oder gekauft. Auf dieses System wird in dem Welt-Wetter-Wacht-Plan besonders Bezug genommen, der alle Länder ermutigt, wenigstens eine APT-Station zu installieren. Es wurde berichtet, daß Ende 1969 mehr als 400 APT-Stationen in 52 Ländern im Einsatz waren und daß weitere 54 WMO-Mitglieder planen, diese APT-Ausrüstung bis zum Ende des Jahres 1971 zu installieren.

Die Satelliten der UdSSR im Meteor-System liefern Wolkenaufnahmen, die denen gleichen, die durch das U. S. TOS- und das ITOS-System übermittelt wurden, allerdings ohne die automatische Bildtransmission (APT). Analysen der globalen Wolkenverteilung, basieren auf den UdSSR-Satellitenbildern, werden über das Globale Telekommunikationssystem der Welt-Wetter-Wacht vom Meteorologischen Weltzentrum in Moskau international verbreitet. Solche Zentren gibt es noch in Washington und in Melbourne.

Bisher sind nur jene Wolkenaufnahmen erwähnt worden, die mittels meteorologischer Satelliten erlangt wurden; für die Meteorologen sind aber auch Aufnahmen, die von der Erdoberfläche in wolkenfreien Gebieten gemacht wurden, von Wert. Es ist zum Beispiel möglich, die Grenzen der Eisdecken von Meeren und Seen und die Grenzen der Schneedecke in Gebirgsregionen und anderswo zu bestimmen. In den USA werden Schnee- und Eisgrenzenkarten (*) für die nördliche Hemisphäre hergestellt und genutzt.

Die meisten der bereits erwähnten meteorologischen Satelliten führen auch Infrarot-Radiometer für die Messung der verschiedenen Komponenten des Strahlungsbudgets der Erde mit sich. Nur die Informationen, die durch UdSSR-Satelliten erlangt wurden, sind bisher für den operativen Gebrauch über das Globale Kommunikationssystem der Welt-Wetter-Wacht international verbreitet worden. Diese Informationen bestehen aus Messungen in drei verschiedenen Bereichen (bands) des Infrarotspektrums, die benutzt werden können, um die reflektierte Sonnenstrahlung, die vom Erdatmosphärensystem nach oben gehende Langwellenstrahlung und die Temperatur der oberen Oberfläche der Wolken sowie die Temperatur der Erdoberfläche in wolkenlosen Gebieten zu bestimmen. Die TOS- und ITOS-Systeme der USA können auch Radiometer-Subsysteme für die Beschaffung von Daten über den Wärmehaushalt der Erde tragen.

Der Welt-Wetter-Wacht-Plan 1972—1975

Der VI. Kongreß der Meteorologischen Weltorganisation fand im April 1971 statt und nahm einen revidierten W-W-W-Plan für den Zeitraum 1972—1975 an, der als Entwurf vom WMO-Exekutivkomitee im Oktober 1970 bereits beraten worden war. Dieser Plan geht beträchtlich mehr in Details hinsichtlich der Satellitenkomponente des Globalen Beobachtungssystems der Welt-Wetter-Wacht als es bei dem Plan 1968—1971 möglich war. Seit dem V. Kongreß hat es eine sehr wichtige Entwicklung auf dem Gebiete der Satellitenmeteorologie gegeben, nämlich die Möglichkeit, quantitative vertikale Temperaturprofile aus den Satelliten-Infrarotspektrometer-Messungen abzuleiten.

Seitdem Polarsatelliten die Erde viel näher umkreisen können, als das geostationären Satelliten möglich ist, wird die Auflösung, die man in (visuellen oder Infrarot-) Bildern von einem Satelliten mit Polbahn erhalten kann, entsprechend verbessert. Mehr noch, ein über dem Pol kreisender Satellit ist instande, die ganze Erdkugel zu beobachten, und er kommt innerhalb eines Aktionsradius mindestens alle 24 Stunden einmal an irgendeiner lokalen Auswertungsstation vorbei.

Geostationäre Satelliten haben andererseits den Vorteil, ein mehr oder weniger ununterbrochenes Bild der Entwicklung der Wettersysteme innerhalb ihres Beobachtungsgebietes verschaffen zu können. Dieses Gebiet jedoch ist beschränkt auf den Teil der Erdsphäre, der innerhalb von etwa 80° von dem Subsatellitenpunkt liegt. Ein anderer wichtiger Parameter, der von den Satellitenbildern abgeleitet werden konnte, nämlich die Schätzung der Winde von Wolken gleicher Höhe durch Wolkenliskation, ist nur innerhalb 50° des Subsatellitenpunktes gemessen, entlang der großen Kreisachse zuverlässig. Die dritte wichtige Funktion geostationärer Satelliten ist die der Datensammlung,

(*) im Rahmen eines Abkommens mit der UdSSR (Anmerkung der Redaktion).

und dies verspricht bis zu einem Bereich von 75° — 80° von dem Subsattellitenpunkt aus nützlich zu sein.

Beide Arten von Satelliten — sowohl die Polar- wie die geostationären Satelliten — werden einen Teil des integrierten Globalen Beobachtungssystems während des Zeitraums 1972 bis 1975 bilden, obgleich das Satelliten-Subsystem noch als Ergänzung zu den Beobachtungen, die auf die Oberfläche gegründet sind, betrachtet werden muß.

Der Plan sieht vor, 4 geostationäre Satelliten so über dem Äquator zu plazieren, daß eine relativ vollständige Reichweite in den Tropen für Wolkenbeobachtungen bei Tag und Nacht etwa zwischen 50° Nord und 50° Süd gewährleistet ist und daß die Windbestimmung — gestützt auf Wolkendislokationsmessungen — vorgenommen werden kann. Hinsichtlich der Polarsatelliten sieht der Plan zwei oder drei solcher Weltraumflugkörper vor, die während des Zeitraums 1972—1975 ununterbrochen operieren und so ausgerüstet sein sollen, daß sie folgende Beobachtungen anstellen können:

- (a) Wolken bei Tageslicht und bei Nacht,
- (b) Schnee- und Eisdecken (in wolkenlosen Regionen),
- (c) Strahlungstemperatur der Wolken, der Erd- und Ozeanoberfläche (in wolkenlosen Regionen),
- (d) Distribution der gesamten ausgehenden Kurzwellenstrahlung, die von der Erde und der Atmosphäre reflektiert und ausgestreut wird,
- (e) Distribution der gesamten ausgehenden Langwellenstrahlung, die von der Erde und der Atmosphäre ausgesandt wird,
- (f) vertikale Temperaturprofile und Wasserdampf.

Zusätzlich sollen einige der Polar-Satelliten so ausgerüstet werden, daß eine lokale Direktauswertung von Wolkenbildern ermöglicht wird, und alle WMO-Mitglieder werden wiederum nachdrücklich ersucht, wenigstens eine Direktauswertungsstation auf ihrem Gebiet zu installieren.

Das Globale Atmosphären-Forschungsprogramm (GARP)

Der Zweck des GARP besteht darin, diejenigen physikalischen Prozesse in der Troposphäre und in der Stratosphäre zu studieren, die wichtig sind für das Verständnis:

- (a) des vorübergehenden Verhaltens der Atmosphäre, wie es sich in den Fluktuationen großen Maßstabes manifestiert, um die Wetterveränderungen zu kontrollieren; das würde die Genauigkeit der Voraussagen über Zeiträume von einem Tag bis zu mehreren Wochen vergrößern;
- (b) der Faktoren, die die statistischen Eigenschaften der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre bestimmen, was zu einer besseren Kenntnis der physikalischen Grundlage des Klimas führt.

Das Programm besteht aus zwei verschiedenen Teilen, die jedoch eng miteinander in Verbindung stehen:

- (i) Die Konstruktion und das Testen — mittels Computermethoden — einer Reihe von theoretischen Modellen der relevanten Aspekte des Verhaltens der Atmosphäre mit dem Ziel einer zunehmend präziseren Beschreibung der wichtigen physikalischen Prozesse und ihrer Wechselwirkungen;
- (ii) Beobachtungs- und experimentelle Studien der Atmosphäre zur Erlangung der Daten, die für die Konstruktion solcher theoretischer Modelle und für das Testen ihrer Gültigkeit erforderlich sind.

Das wichtigste wissenschaftliche Organ für die Beratung und Bestätigung und für den Erlass von Empfehlungen zu allen Vorschlägen in bezug auf GARP und seine Subprogramme ist das Joint GARP Organizing Committee (JOC), dessen Mitglieder nach Übereinstimmung zwischen der WMO und dem ICSU ausgewählt werden.

Die beiden wichtigsten Subprogramme des GARP, das Tropische und das Globale Subprogramm — bei denen jeweils ein oder mehrere Experimente vorgesehen sind —, werden besondere Anstrengungen erfordern, um über begrenzte Zeitabschnitte einige zusätzliche Beobachtungsdaten zu erlangen. Die meisten der Beobachtungen für diese Experimente werden jedoch solche sein, wie sie regelmäßig innerhalb des WWW — Globalen Beobachtungssystems angestellt werden. Das bedeutet — je größer der Fortschritt ist, der bei der praktischen Durchführung des WWW — Globalen Beobachtungssystems erzielt wird, desto größer wird die Unterstützung sein, die dem GARP geleistet werden kann. Andererseits sind die Beobachtungserfordernisse, die seitens des WWW — Globalen Beobachtungssystems zu berücksichtigen sind, noch immer Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung. Da es von großer Bedeutung für das Ergebnis der GARP-Experimente ist, müssen Entscheidungen über solche fundamentale Fragen wie das Optimum für die Plazierung von Netzwerken von Beobachtungsstationen im Weltraum getroffen werden. Das muß in der Weise erfolgen, daß die Welt-Wetter-Wacht dem GARP Nutzen bringt und das GARP für die Welt-Wetter-Wacht von Nutzen ist.

GARP — Atlantisch-tropisches Experiment (GATE)

Das JOC hat empfohlen, daß das GARP-Atlantic Tropical Experiment (GATE) während der Monate Juni, Juli und August 1974 durchgeführt werden sollte und daß das Experiment „gerichtet sein sollte auf das Studium der physikalischen Eigenschaften von Wolkenschwärmen über dem Atlantik und ihren Wechselwirkungen in größeren Maßstäben, um unser Verständnis dieser Phänomene zu vermehren und hierdurch unsere Fähigkeit zu vergrößern, sie für angemessen in der numerischen Simulation der allgemeinen Zirkulation der Erdatmosphäre zu halten.“

Das Gebiet, in dem das Experiment durchgeführt werden soll, ist ein meso-scale (Mesonen-Bereichs)-Gebiet mit einer intensiven Beobachtungsaktivität von etwa 1000 km² und mit einem etwa 500 km südlich der Kapverdischen Inseln gelegenen Zentrum, eingebettet in ein viel größeres Gebiet, von dem die WWW-Netzwerk-Beobachtungen die Basisquelle der Beobachtungsdaten bilden sollen, die von den auf der Erde befindlichen Beobachtungsstationen gewonnen werden. Für den vollen Erfolg des GATE hält es das JOC für notwendig, daß ein geostationärer Satellit das oben erwähnte meso-scale-Gebiet beobachtet und daß dieser Satellit gleichzeitig in der Lage ist, die Tag- und Nachtwolken widerzuspiegeln und die Möglichkeit wahrnimmt, realzeitvergrößerte Wolkenbilderdaten zu übermitteln. Auch das Strahlungsbudget der oberen Schicht der Atmosphäre bedarf der Bestimmung durch Satellitenbeobachtungen. Das JOC ist der Auffassung, daß es auch höchst wünschenswert wäre, die Infrarottemperaturtiefenlotung wenigstens auf experimenteller Grundlage durch einen geostationären Satelliten vornehmen zu lassen.

Erstes GARP-Globalexperiment (FGGE)

Die GARP-Globalexperimente sollen die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre über eindeutig abgegrenzten Gebieten gründlich untersuchen. Die Planung ist noch nicht so weit fortgeschritten, wie beim GATE, aber die Forderung nach Satelliten entspricht jener, wie sie in dem W-W-W-Plan 1972 bis 1975 vorgesehen ist, nämlich vier geostationäre und zwei oder drei Polarsatelliten. Die Funktionen dieser Satelliten würden einander sehr ähneln, wenn man berücksichtigt, daß Vorkerungen getroffen werden, damit die Sammlung und die Übertragung der Daten von unbemannten Beobachtungsstationen (z. B. von höhenstationären Ballons) durch Satelliten erfolgen.

Training

In Anbetracht der großen Bedeutung der Weltraumtechnik in der Meteorologie, hat die WMO alles mögliche getan, um zu gewährleisten, daß der volle Nutzen der meteorologischen Weltgemeinschaft zugutekommt. Unter Beteiligung an dem UNO-Entwicklungsprogramm hat die WMO Schulungsseminare für die Interpretation und die Anwendung von Daten organisiert, die mittels meteorologischer Satelliten empfangen werden. Das Ziel dieser Seminare besteht darin, das neue, bereits schon beträchtliche Wissen über diesen Gegenstand unter den Meteorologen der verschiedenen Länder zu verbreiten. Das erste dieser Seminare wurde 1964 in Tokio für die Teilnahme aus den Ländern der WMO-Regionen II (Asien) und V (Südwest-Pazifik) abgehalten. Das zweite Seminar, das in erster Linie für Teilnehmer aus der Region IV (Europa) vorgesehen war, fand auf Einladung der Regierung der UdSSR im Jahre 1966 in Moskau statt.

Ein weiteres regionales WMO-Schulungsseminar zur Interpretation von Daten der Meteorologischen Satelliten fand im Jahre 1968 in Melbourne statt. Der Hauptzweck dieses Seminars war, unter den Teilnehmern die neuesten Kenntnisse über die Interpretation von Meteorologischen Satelliten-Daten zu verbreiten und praktische Übungen mit ihnen zu veranstalten. Das Programm des Seminars bestand aus einer Serie koordinierter Lektionen und praktischer Übungen, die von einem Team von Spezialisten durchgeführt wurden.

Aktivitäten der technischen Kommissionen

Die „Kommission für Atmosphärische Wissenschaften“ hat eine „Arbeitsgruppe für Satelliten-meteorologie“ gebildet; sie hat die Aufgabe, die Orientierung über die Technik zur indirekten Bestimmung der verschiedenen Parameter zu geben, den besten Weg für die Aufbereitung der Satellitendaten zu zeigen und die bei den Satelliten angewandten neuen Techniken zu studieren.

Die „Kommission für Beobachtungsinstrumente und -methoden“ hat besonderes Gewicht auf Probleme der Technologie der Satelliteninstrumentation gelegt. Zu diesem Zweck hat sie eine Arbeitsgruppe gebildet, die für die Sammlung und den Austausch von Informationen, die auf die gegenwärtigen Satelliten Anwendung finden, verantwortlich ist, sofern diese Instrumententechniken für die Meteorologie potentiellen Wert haben. Diese Arbeitsgruppe hat kürzlich in Genf beraten. Die „Kommission für Hydrometeorologie“ beschäftigt sich laufend mit der Studie über die Anwen-

dung von Satelliten zur Bestimmung der flächenmäßigen Ausdehnung von Schneedecken und deren anderen Charakteristiken.

Die „Kommission für Synoptische Meteorologie“ ist verantwortlich für die Transmission des Globalen Telekommunikationssystems und die Assimilation von anderen Formen von Daten an das Globale Datenverarbeitungssystem von Satellitendaten, die für den internationalen Austausch aufbereitet worden sind. Unter den WMO-Mitgliedern ist eine Umfrage über ihren spezifischen Bedarf an Satellitendaten durchgeführt worden, um die Transmissionserfordernisse einzuschätzen, die bei der Planung des Globalen Telekommunikationssystems zu berücksichtigen sind.

Die „Kommission für Klimatologie“ beschäftigt sich mit solchen Fragen wie der Speicherung und Abrufung meteorologischer Daten, die für die künftige klimatologische Forschung und die Verbesserung der fundamentalen Klimatologie in bezug auf die Hitzebalance der Erde und die allgemeine Zirkulation und Klimatologie der Atmosphäre einmal benötigt werden können. Wegen des großen Umfangs der atmosphärischen Daten, die über die meteorologischen Satelliten gewonnen werden, hat die Kommission eine „Arbeitsgruppe für Aero-Klimatologie (Klimatologie der freien Atmosphäre)“ gebildet und die Forschung über die Ausnutzung von Satellitendaten in klimatologischen Studien verschiedener Komponenten der Hitzebalance der Erde forciert.

Künftige und/oder potentielle Programme und Aktivitäten

Die WMO koordiniert die Untersuchungsergebnisse in der Satellitenmeteorologie mit den Forderungen der WMO-Mitglieder im allgemeinen, so daß der Nutzen allen Meteorologischen Diensten zugänglich gemacht werden kann. Die WMO ist aber von den Satellitenoperationen der Mitglieder abhängig.

Daraus ergibt sich, daß das Satelliten-Subsystem des Globalen Beobachtungssystems in dem Entwurf des W-W-W-Plans 1972—1975, auf die staatlichen Operationspläne der große Satelliten einsetzenden Länder, nämlich die UdSSR und die USA, gegründet ist. In dem Zeitraum von 1968—1971 haben die meteorologischen Satellitenprogramme dieser Länder eine beträchtliche Ausdehnung erfahren, und die Mehrzahl der Flüge hatte experimentellen Charakter. Dadurch, daß die Forschung und Entwicklung der Satelliten, Sensoren und Techniken immer weiter geführt wird, werden immer mehr Daten durch den routinemäßigen Einsatz gewonnen. Es scheint, daß die Satellitenmeteorologie auch in Zukunft Bedeutung behält, um von qualitativen zu quantitativen Beobachtungen überzugehen. Zu erwarten ist, daß weitere Forschungen durch Einsatz von automatischen Beobachtungsstationen, wie stationären Ballons und Treibbojen angestellt werden. Hiermit verbunden wird die weitere Entwicklung geeigneter Mittel für die Sammlung und Übertragung der Beobachtungsdaten der Beobachtungsstationen im Raum an die Bodenstationen; auf diesem Gebiet beabsichtigt Japan eine aktive Rolle mit einem geostationären Satelliten über dem Westlichen Pazifik 1975 zu spielen. Derartige Aktivitäten sind für das Erste GARP-Globalexperiment wichtig.

Kooperation mit anderen Organisationen

Viele der Mitgliedsgesellschaften des ISU haben ein Interesse an der Entwicklung der Satellitenmeteorologie. Insbesondere die Arbeitsgruppe 6 des „Komitees für die Weltraumforschung (COSPAR)“ führt fort, einen beträchtlichen Teil der Forschungskapazität in die Untersuchung der Möglichkeiten von im Weltraum stationierten Beobachtungssystemen für die vorgeschlagenen GARP-Experimente zu investieren, die wiederum die Gelegenheit für weitere Kooperations mit anderen Organisationen bieten. So hat beispielsweise die Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission (IOC) der UNESCO viel Interesse an der Mitarbeit an dem GARP-Atlantic Tropical Experiment gezeigt. Es ist vorgesehen, die Möglichkeiten der Satelliten, atmosphärische und gewisse ozeanographische Beobachtungen anzustellen, bis zum Maximum im Rahmen des Integrated Global Ocean Station System (IGOSS), das gemeinsam von der IOC und der WMO entwickelt wird, auszunutzen.

Beziehungen werden zu der European Space Research Organization (ESRO) unterhalten, die die Durchführbarkeit eines operativen Satellitensystems untersucht, das den künftigen Erfordernissen der europäischen Meteorologischen Dienste entsprechen soll.

Wegen der Frequenzuteilungen für den Gebrauch beim Einsatz in Meteorologischen Satelliten unterhält die WMO enge Kontakte zu dem International Radio Consultative Committee (CCIR) der International Telecommunications Union (ITU), d. h. des Internationalen Fernmeldevereins.

Die International Civil Aviation Organisation (ICAO) studiert die Einsatzmöglichkeit von Navigationssatelliten, und sie hat zu diesem Zweck die ASTRA (Application of Satellite Techniques Relating to Aviation — Anwendung der Satellitentechnik auf das Flugwesen) begründet, in der auch die WMO vertreten ist. Es ist empfohlen worden, daß die WMO die ICAO um Angaben über Wind- und Temperaturwerte ersucht, wie sie von Flugzeugen aus gemessen werden, damit ein Vergleich mit Messungen durch Satelliten möglich wird.

Neue Informationen über das Fernmeldesatelliten-Programm „Symphonie“ und einige Länderberichte

Frankreich und die Bundesrepublik Deutschland geben an das I.F.R.B. (International Frequency Registration Board – Internationaler Ausschuss zur Frequenzregistrierung; Ständiges Organ der UIT; prüft und registriert die von den Ländern vorgenommenen Frequenzzuteilungen mit dem Ziel ihrer internationalen Anerkennung und gibt Empfehlungen über den Betrieb einer größtmöglichen Anzahl von möglichst störungsfreien Funkverbindungen) im 2. Halbjahr 1971 präzise Informationen über das Fernmeldesatelliten-Programm „Symphonie“.

Es wird erinnert, daß das „Symphonie“-Programm den Start von 2 Synchron-Satelliten vorsieht. Der erste Satellit soll Ende 1973 und der zweite Satellit Anfang 1974 gestartet werden.

Die Satelliten arbeiten auf folgenden Frequenzen:

3700–4200 MHz Weltraum – Erde, 5925–6425 MHz Erde – Weltraum

Jeder Satellit hat 2 quasilineare Transponder mit 90 MHz Bandbreite für F₀- oder P₀-Modulation. Als Transponder-Empfangsbänder sind für den ersten Satelliten 5940–6030 MHz und 6195–6285 MHz, und für den zweiten Satelliten 6065–6166 MHz und 6320–6410 MHz festgelegt.

Die Hauptorientierungsachsen sind für die Europäisch-Afrikanische Zone: England-Madagaskar, und für die Amerikanische Zone: Montreal-Buenos Aires. Telemetrie-Daten werden auf 3808 MHz, 4063 MHz und 136,54 MHz vom ersten Satelliten; auf 3837 MHz, 4092 MHz und 136,14 MHz vom zweiten Satelliten übertragen. Fernmeldesatelliten-Bodenstationen für die anfängliche Verbindungsaufnahme mit den Satelliten sind: Pleumeur-Bodou (48°47' N 03°31' W), und Raisting (47°54' N 11°06' O).

Diese Bodenstationen werden mit Antennen von 15 m Ø und ungekühlten parabolischen Verstärkern ausgerüstet. Die Satelliten strahlen zirkular-polarisierte Wellen aus.

Fernmeldesatelliten-Bodenstation für Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden

Die Nachrichtenverwaltungen von Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden haben beschlossen, eine gemeinsame nordische Erdstation in Tanum an der Westküste von Schweden zu errichten.

Fernmeldesatelliten-Bodenstation der Elfenbeinküste

Als Mitglied von Intelsat baut die Elfenbeinküste eine Erdstation in Abidjan. Der Durchmesser der Antenne wird 27 bis 30 m betragen. Die Station sollte in der 2. Hälfte des Jahres 1971 in Dienst gestellt werden und (über INTELSAT) mit 4 Satelliten über dem Atlantischen Ozean arbeiten.

Satelliten-UHF-Ausbreitungsversuche Kanadas

Das Fernmeldeforschungszentrum (CRG, ehemals das Defence Research Telecommunications Establishment) des Department of Communications hat in einem ständigen Programm Studien über die Ausbreitungscharakteristiken von Satellitenverbindungen in der Nähe von 300 MHz ausgeführt. Von besonderem Interesse ist der Schwund bzw. die Phasen- und Zeitstreuung der Signalamplitude, wenn sich das Signal durch eine gestörte oder unruhige Ionosphäre ausbreitet. Beide Experimente wurden von Churchill, Manitoba und von Jamaika (Britisch West-Indien) aus mit luftlicht verschlossenen UHF-Einrichtungen in diesen Gebieten durchgeführt. Erste Daten von Churchill zeigen, daß der Spitze-Spitze-Amplitudenschwund größer als 6 dB für 10 % der Zeit der Beobachtung ist, und der Spitze-Spitze-Schwund größer als 12 dB für 1 % der Periode der Beobachtung ist. Daten über die Phasen- und Zeitverteilungen liegen noch nicht vor.

Malaysias-Fernmeldesatellitenbodenstation

Der Bau der Malaysia-Satelliten-Erdstation wurde im Frühjahr 1969 begonnen, als der Vertrag für die Einrichtungen und für den Antennenbau vergeben wurde. Die Arbeit begann im Mai 1969, im Dezember waren die Antenne und die meisten Einrichtungen installiert. Tests wurden begonnen. Die Station liegt in der Nähe von Kuantan an der Ostküste von Malaysia, über 180 Meilen östlich der Bundeshauptstadt Kuala Lumpur. Sie liegt auf einem kleinen Plateau, von dem aus man die Süd-China-See übersehen kann. Ihre Koordinaten sind: Breite 3,94° N, Länge 103,35° E.

Meteorologische Satelliten

Die meteorologischen Satelliten der USA „ESSA“ 2, 5, 6, 7, 8 und 9 haben 1970 ihre Tätigkeit zur Übertragung von Wolkenbildern fortgesetzt. Die letzten 3 der Satelliten wurden im vergangenen Jahr gestartet und haben Wolkenbilder des durch die Sonne beschienenen Teils der Erde aufgenommen (täglich 2). Ein Typ von Satellit besitzt ein automatisches Bildübertragungssystem (A. P. T.) mit dem automatisch Bilder aufgenommen und während des Umlaufes übertragen werden. Etwa 490 Stationen in 59 Ländern haben Empfänger zur Aufnahme dieser Daten errichtet. Die Daten werden morgens zu den Lokalzeiten übertragen. Ein anderer Typ von Satellit überträgt die Daten während der lokalen Nachmittagsstunden, während er etwa 13 Umläufe pro Tag durchführt. Diese Daten werden zu 2 Kommando- und Datenaufbewahrungsstationen der USA übertragen. Von dort werden sie an das nationale Satellitenzentrum und an das nationale meteorologische Zentrum zur Auswertung und Verteilung weitergeleitet.

Während des Jahres 1969 waren die 6 ESSA-Satelliten 1388 Tage in Betrieb und übertrugen 73828 meteorologisch wichtige Bilder. Die 56 während des Jahres 1969 benannten Orkane und Taifune wurden von diesen Satelliten verfolgt und in einigen Fällen entdeckt. Zusätzlich wurden 1348 spezielle tropische Sturmberatungen weltweit an meteorologische Dienste gesandt.

Lofb.

Aus der Literatur

Weitere Moleküle im interstellaren Raum gefunden

In nahezu regelmäßigen Abständen werden neue Entdeckungen von Molekülen im interstellaren Raum bekanntgegeben. Mit dem IAU Circular No. 2350 wurde die Entdeckung von Acetaldehyd gemeldet. Es ist ein organisches Molekül der folgenden Zusammensetzung: CH_3CO . Es wurde mit dem 43-m-Radioteleskop des National Radio Observatory of Green Bank, USA nachgewiesen. Der erste Nachweis gelang aus der Richtung zum galaktischen Zentrum. Die gemessene Dopplergeschwindigkeit beträgt für die Quelle Sagittarius A 46 ± 10 km/sec und für die Quelle Sagittarius B 258 ± 10 km/sec. Mit dem IAU Circular No. 2354 wurde bereits die nächste Entdeckung gemeldet. Diese Entdeckung gelang ebenfalls in den USA, diesmal mit dem 64-m-Radioteleskop. Hier handelt es sich nicht um den Nachweis eines prinzipiell neuen Moleküls, sondern um die Entdeckung eines Isotops vom Formaldehyd, einem schon bekannten organischen Molekül. Zuvor war das $\text{C}^{13}\text{H}_2\text{O}^{18}$ bekannt geworden, nun war auch das $\text{C}^{13}\text{H}_4\text{O}^{18}$ gefunden. Die gemessenen Dopplergeschwindigkeiten stimmen in den Quellen für beide Isotope überein. Aus den Messungen der Intensitätsverhältnisse der Isotope sind Ableitungen der Häufigkeitsverhältnisse möglich. Hierzu bedarf es aber genauer Messungen, um zu sicheren Aussagen zu gelangen.

Mit dem IAU Circular No. 2364 wurde dann eine weitere Entdeckung eines Moleküls im interstellaren Raum mitgeteilt. Benutzt wurde wieder das bereits erwähnte 64-m-Radioteleskop. Diesmal handelt es sich um das Thioformaldehyd: H_2CS . Es ist im Gegensatz zu den beiden obigen Molekülen eine Verbindung, in der Schwefel auftritt. Der Nachweis gelang für die Quelle Sagittarius B 2, eine bisher sehr ergiebige Quelle für die Untersuchung von Molekülen im interstellaren Raum. Die gemessene Dopplergeschwindigkeit beträgt 56 ± 5 km/sec und stimmt damit sehr gut mit den obigen Ergebnissen überein.

Dr. S. MARX

Sonne und menschlicher Organismus

Nach Berechnungen von A. Tschishewski, dem Begründer der Heliobiologie (Sonnenbiologie), einer neuen Forschungsrichtung, hängen 80% der Herz- und Kreislaufkollapse auf irgendeine Weise mit der Sonne zusammen.

Angaben über die Arbeit des medizinischen Notdienstes in Leningrad ist zu entnehmen, daß zur Zeit der maximalen Sonnenaktivität im Jahre 1968 die Zahl der Infarkte und Gehirnschläge rapide zunahm.

Herzblutungen und Gehirntrombosen hängen auch mit magnetischen Störungen zusammen. Die Stürme im Magnetfeld der Erde steigern die Zahl der tragischen Ausgänge von Herz- und Kreislauferkrankungen auf das Sechzehnfache. Diese Angaben stammen von der Therapeutin Nowikowa aus Swerdlowsk. In Leningrad entfielen die meisten Infarkte auf ganze 5 Tage Ende Januar 1968. Mehr noch, der Hauptteil der schweren Komplikationen beschränkte sich auf 2 dieser Tage. Wie unterschieden sie sich von den anderen? Alles wurde eingehend überprüft: die Statistik, das Wetter, die Stimmung der Patienten, häusliche Umstände. Die präziseste Antwort gaben die Astronomen: Die Radiostrahlung der Sonne hatte an diesen Tagen das 99fache erreicht! Möglicherweise ist das nur ein Signal für die Gefahr, nicht die Ursache, aber auch das ist schon Anlaß genug nach Methoden zur gelenkten Verhütung von Infarkten zu suchen. Tschishewski hat vorgeschlagen, die Patienten in besonderen Räumen unterzubringen, die gegen den Sonneneinfluß abgeschirmt sind. Die Leningrader haben moderne Medikamente zum Schutz solcher Patienten empfohlen. Viele Wissenschaftler beschäftigen sich damit, den Mechanismus des Sonneneinflusses auf das Herz zu enträtseln. Die sibirische Heliobiologin A. Platonowa vertritt die Ansicht, daß in Jahren von Sonnenstörungen im Gerinnselssystem des Blutes Veränderungen auftreten, die die Entstehung von Blutungen und Thrombosen provozieren. Deshalb ist die Vorhersage von Sonneneruptionen sehr wichtig. Ich schlage das Bulletin des Observatoriums Pulkowo „Solnetschnye dannye“ (Sonnenwerte) auf und entdecke hinter einer Beschreibung der Ausmaße von Sonnenflecken einen Beitrag mit der Überschrift „Blutensenkungsreaktion und Sonnenaktivität“. In diesem Bulletin wurde 1959 erstmals ein Aufsatz des Hämatalogen N. Schulz veröffentlicht, der den Grundstein für die Untersuchung der Abhängigkeit des Blutbildes – des Trägers vieler Abwehrkräfte des Organismus – legte.

Es war seit langem bekannt, daß sich die Blutnorm in verschiedenen Jahren und zu verschiedenen Jahreszeiten verändert. Diese Veränderungen erwiesen sich als ein Spiegelbild der Sonneneinflüsse. Die Arbeiten der Schüler von Schulz gehen heute schon in die Hunderte. Die Ärztin I. Galaktionowa aus Aschiabad folgert: Je höher die Sonnenaktivität, desto weniger Erythrozyten, Leukozyten und Hämoglobin enthält das Blut. Wenn man die Periodizität der Sonnenaktivität kennt, kann man langfristige Prognosen für den Zustand der Blutbildung aufstellen. Das braucht der Arzt, um das Hämogramm beurteilen zu können.

Noch ist es schwer, den Mechanismus der Sonneneinwirkung auf die Blutbildung in allen Einzelheiten zu klären. N. Zimachowitsch, ein Mitarbeiter des Astrophysikalischen Observatoriums in Riga, verglich die graphische Darstellung der Veränderung der Leukozytenzahl mit der graphischen Darstellung der Sonnenradiostrahlung. Während einer langen Beobachtungszeit verliefen die Blutveränderungen mit den Veränderungen der Strahlung parallel.

Die Beobachtung der Sonne im Funkwellenbereich ist die aussichtsreichste Quelle für Informationen über bevorstehende Veränderungen in der Biosphäre. Davon kann man sich an Bakterienuntersuchungen überzeugen.

Der Mikrobiologe L. Sirp aus Tallinn untersuchte die Entwicklung von Mikroorganismen im Frostboden und ihre Wirkung auf den Stickstoffgehalt. Er erkannte, daß sich die Mikroorganismen nicht nur entwickeln und dabei den wertvollen Stickstoff für die kommende Ernte produzieren, sondern sich dabei auch an einen bestimmten Rhythmus halten. Den Sonnenrhythmus! Am meisten reagieren die Bakterien dabei auf veränderte Radiostrahlung der Sonne. Der Mikrobiologe stellte also denselben Effekt fest wie der Kardiologe und der Hämataloge.

Die Mikrobiologen haben inzwischen konzentriert den Einfluß von Magnetfeldern auf Mikroorganismen studiert. Der deutsche Bakteriologe Borthels bewies in den fünfziger Jahren den Einfluß eines Magnetfeldes auf die wichtigsten Lebensfunktionen der Bakterien und der Viren. Zuvor schon hatten die russischen Forscher Welchow und Tschishewski die Abhängigkeit der Entwicklung von Mikroorganismen von solar-kosmischen Kräften entdeckt. Junge Mikrobiologen vom Zweiten Medizinischen Institut Moskau haben den Tschishewski-Welchow-Effekt wiederholt und darüber hinaus erklärt.

Das Phänomen läuft auf folgendes hinaus: Veränderungen der Sonnenaktivität führe zu Farbänderungen bei den sog-

nannten Voltinkörpern der Mikroorganismen. Deshalb können die Bakterien als eine Art Indikator für Veränderungen im Kosmos dienen.

Am Medizinischen Institut Simferopol wurde zusammen mit Heliophysikern vom Krim-Observatorium folgende Arbeit ausgeführt: Der Einfluß der Sonnenaktivität und der Magnetfelder (in Frequenzbereichen, die den niederfrequenten Durchlässigkeitsbereichen in der Ionosphäre entsprechen) auf verschiedene Mikroorganismen wurde untersucht. Alle, von den Typhusbazillen und den Dysenteriebakterien (Erreger der Bakterienruhr) bis zu den Erregern von Scharlach und Diphtherie, reagierten in jedem Falle auf diese Entwicklungen.

In den Karpaten wurde indessen die Wirkung verschiedener Mikroorganismen auf Antibiotika vor und nach magnetischer Bestrahlung getestet. Die Ergebnisse übertrafen alle Erwartungen: Die Resistenz von magnetisierten Staphylokokkenstämmen (Erreger von Eiterungen) für Penicillin erreichte das 400fache! Sollte sich das bei späteren Experimenten bestätigen, wird auch der Einfluß der Sonnenaktivität auf den Verlauf von Epidemien verständlich.

Die Methoden zur Bekämpfung von Erregern vervollkommen sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt. Aber auch die Infektionen „schlafen nicht“. Die Meningitis cerebro-spinalis (Entzündung der Hirn- und Rückenmarkshäuten) schien schon der Vergangenheit anzugehören, doch kürzlich ist sie wieder aufgetaucht. Zyklichkeit ist für Grippeepidemien charakteristisch. Wovon werden Epidemiezyklen bestimmt?

Mit der Veränderung der Sonnenaktivität verändert sich die Zirkulation der Atmosphäre. Das wirkt sich auf den Ertrag und folglich auf die Futtergrundlage für die Tiere, die möglichen Träger von Infektionserregern, aus. Die schwankende Produktivität der Pflanzenwelt verändert die Zahl der Infektionserreger, und auch die Infektionskrankheiten der Tiere nehmen einen anderen Verlauf. Deshalb entspricht auch die Wahrscheinlichkeit, daß der Mensch bei typischen Erkrankungen der Tiere infiziert wird, den Sonnenrhythmen.

Bei der Grippe hat dieser Zusammenhang einen anderen Mechanismus. Hier tritt die Veränderlichkeit des Virus in den Vordergrund. Die neue Variante des Erregers überwindet mühelos die Immunität, die durch die Zirkulation seiner Vorgänger hervorgerufen worden ist. Beim Maximum der Sonnenaktivität des Jahres 1947 begann das Virus A seine Zirkulation; es wurde vom asiatischen Virus A 2 abgelöst, das auf dem Höhepunkt des Sonnenzyklus in den Jahren 1957 bis 1959 eine Pandemie auslöste. So war der nächste Epidemiezklus für das folgende Sonnenmaximum in den Jahren 1968/69 zu erwarten. Diese Voraussage bestätigte sich durch die Hongkong-Grippeepidemie.

Die Heliobiologie ist ein erfolgversprechendes Forschungsfeld. Das beweisen die ersten Untersuchungsergebnisse ihrer Verfechter.

W. Jagodinski, Kandidat der medizinischen Wissenschaften im „Nedelja“ Nr. 38 nach PdsU 126/71.

Kontakt mit außerirdischen Zivilisationen?

Zur ersten internationalen Konferenz „Verbindung zu außerirdischen Zivilisationen“ im September 1971 in Bjarakan waren namhafte Astrophysiker, Radioastronomen, theoretische Physiker und Biologen aus der Sowjetunion, den USA, England und anderen Ländern zusammengekommen. Auch Anthropologen, Historiker, Soziologen und sogar Archäologen nahmen an den Diskussionen Anteil. Die Verbindung zu außerirdischen Zivilisationen ist eine Aufgabe von grandiosen Ausmaßen, die sich ohne das Zusammenwirken von Vertretern der verschiedensten Wissensgebiete nicht lösen läßt.

Es müssen die allgemeinen Entwicklungsgesetze der Zivilisationen untersucht, mögliche Richtungen der Astroingenieur-tätigkeit vorausgesagt, ein optimales Programm für die Ermittlung von Signalen im All muß aufgestellt und schließlich müssen die möglichen Folgen eines Kontaktes zu außerirdischen Zivilisationen analysiert werden.

Bei der Diskussion über biologische Fragen, die verschiedene Definitionen des Lebens zu bieten versuchte, wurde festgestellt, daß die Wissenschaft heute nur einzelne Etappen der biologischen Evolution erklären kann und daß wir kein vollständiges Bild von der Entstehung des Lebens im All haben. Die genaue Feststellung, wie das Leben entstanden ist und sich entwickelt hat, ermöglicht indessen die Berechnung, wieviel Sternensysteme für die Herstellung möglicher Kontakte zu außerirdischen Zivilisationen untersucht werden müssen.

Alle Diskussionsbeiträge zeichneten sich nicht nur durch eine gründliche Fragestellung, sondern auch durch Konkretheit und praktische Sachlichkeit aus. Derartiges praktisch-sachliches Interesse fand auch der Bericht des sowjetischen Radioastronomen Troizki über die Ergebnisse seiner dreijährigen Beobachtungen von Sternen, die 100 Lichtjahre von uns entfernt sind. Er hat dazu eine spezielle Apparatur für den Zentimeter- und Dezimeterbereich entwickelt. Auf diese Weise konnte er aus dem Rauschen der Apparatur und der Galaxis sinusförmige Signalformen herausfinden. Die ersten Beobachtungen dieser Art wurden an Dutzenden Sternen unserer Galaxis vorgenommen, die in ihren Charakteristika der Sonne ähnlich sind. Im vergangenen Jahr wurden auch Versuche unternommen, starke kurzzeitige Strahlungsimpulse festzustellen, die eine Folge der Astroingenieur-tätigkeit außerirdischer Zivilisationen sein konnten.

Die Analyse der Unterlagen ergab jedoch, daß aus unserer Galaxis keine starken Strahlungen kamen. Diese Beobachtungen wurden im 30-Zentimeter-Bereich vorgenommen.

Auch der amerikanische Radioastronom Oliver berichtete über seine Beobachtungsergebnisse. Vor mehreren Jahren leitete er eine Gruppe von Wissenschaftlern, die unter der Bezeichnung „Zyklop“ ein Programm für die Verbindung zu außerirdischen Zivilisationen aufgestellt hatte. Die Verfasser vertreten die Meinung, daß man zur Herstellung von Kontakten zu technisch entwickelten Zivilisationen ferne Welten sehr große Systeme für den Mikrowellenbereich benötigt. Teilnehmer des Symposiums stimmten dieser Konzeption nicht zu und erklärten das System „Zyklop“ für nicht optimal, wenngleich auch die Suche im Mikrowellenbereich aussichtsreich erscheint.

Dem komplizierten Problem, Informationssignale im All aufzufassen, widmeten die Konferenzteilnehmer viel Zeit. Hier mußte man sich einigen, welche „Fenster“ im Weltraum benutzt werden können, um dem starken Einfluß von Störungen zu entgehen. Nach Ansicht des sowjetischen Radiophysikers Petrowschitsch sollten ultrakurze Impulse eingesetzt werden. Möglicherweise hätten ferne Zivilisationen schon ein Verfahren zur Erzeugung kurzer Impulse von gigantischer Stärke gefunden, während wir Empfänger verwenden, die nur lange Signale auffangen können. Deshalb müssen wir Breitbandempfänger entwickeln, die Impulse von extrem kurzer Dauer auffangen können.

Die Konferenz beschloß, sich am letzten Tag folgerichtig mit der Aufstellung des ersten Programms der Menschheit, das die praktische Suche nach vernunftbegabten Lebewesen im All und die Herstellung von Verbindungen zu hochentwickelten fernen Zivilisationen vorsieht. Bei der Aussprache über einzelne Punkte dieses Programms konnten wir uns davon überzeugen, wie bedeutsam die Folgen eines Kontaktes mit dem „kosmischen Intellekt“ für die weiteren Geschicke der Erdenbewohner sein können.

B. Mkrtschjan in „Lawestija“ vom 15. 9. 71 nach PdsU 116/71.



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Die Erdatmosphäre als Störfeld bei astronomischen Beobachtungen · Dr. Siegfried Marx . . .	33
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	37
Planetensichtbarkeit 1972 (2 Tabellen) · Heinz Albert	4. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Astrophysikalische Beobachtungen	
mit Teilnehmern schulischer Arbeitsgemeinschaften · Georg Wettengel	41
Mondfinsternis 1971 August 06 · Dietmar Böhme	45
Mondberghöhenmessungen auch an der Schulsternwarte Rodewisch · Diethard Ruhnau	46
Mondfinsternis 1971 August 06 · Hans-Joachim Blasberg	47
Meteorerscheinung vor der Mondscheibe · Jörg Mosch	48
Die Beobachtung der visuellen Venusdichotomie · Hans-Joachim Blasberg	48
Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1971 · Hans-Joachim Blasberg	51
Erfahrungen bei Jupiterbeobachtungen · Martin Dietrich jr.	52

Aus der Literatur

Dritte Zusammenkunft von Raumfahrtexperten der UdSSR und der USA — Informationsübermittlung aus dem Kosmos	53
Geo-Satellitenprojekt ERTS — Italienisches Satellitenprojekt SIRIO	3. Umschlagseite

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Der „Internationale Fernmeldeverein“ fördert die Erforschung des Weltraums · Dr. Harry Fellhauer-Stelzner	54
Programmablauf von Lunochod 1 · Karl-Heinz Neumann	61

Redaktionschluß 10. 1. 72

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachverband Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft, Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4-5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergraben 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1608 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Fernsprecher 4297 44/45.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3-4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1460/68 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Die Erdatmosphäre als Störenfried bei astronomischen Beobachtungen

Dr. SIEGFRIED MARX

Abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen ist die Astronomie darauf angewiesen, ihre Informationen über die Gestirne der Analyse der von diesen kommenden Strahlung zu entnehmen. Die wenigen Ausnahmen sind: aufgefundene Meteorite, das mit kostspieligen Mitteln gewonnene Mondgestein und die durch Raumsonden gewonnenen Daten von den Nachbarn der Erde.

Der Strahlungsempfang für die Analyse der Strahlung erfolgt in wenigen Fällen außerhalb der Erdatmosphäre, im allgemeinen aber auf der Oberfläche der Erde; dabei werden durch die Lufthülle — wenn sie die Strahlung überhaupt durchläßt — die elektromagnetischen Wellen gestört. Bei der Analyse der Strahlung müssen die störenden Einflüsse entweder berücksichtigt, oder durch geschickte Anlage der Beobachtungen weitgehend ausgeschaltet werden.

Ungünstige Wirkungen der Atmosphäre, mit denen sich der Astronom auseinanderzusetzen hat, sind:

- die Luftunruhe oder Szintillation,
- die atmosphärische Refraktion und
- die atmosphärische Extinktion.

Über die Wirkung der Szintillation auf astronomische Beobachtungen wurde in Heft 4/1970 von „Astronomie und Raumfahrt“ berichtet. Der heutige Beitrag beschäftigt sich mit der Bedeutung und der Berücksichtigung der Refraktion.

Die Refraktion

Es ist ein bekanntes physikalisches Gesetz, daß ein Lichtstrahl beim schrägen Übergang von einem Medium in ein anderes an der Grenzfläche beider gebrochen wird; genauer: beim Übergang von einem optisch dünnen Medium in ein optisch dichteres Medium zum Einfallslot hin gebrochen wird.

Ganz wesentlich für die Größe der Brechung ist die Brechzahl des Mediums. Die Brechzahl oder das absolute Brechungsverhältnis erhält man beim Übergang eines Lichtstrahles vom Vakuum in das bestimmte Medium. Gegeben ist die Brechzahl n durch das Verhältnis des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels (s. Abb. 1, S. 34).

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (1)$$

Verursacht wird die Richtungsänderung, die bei senkrechtem Auffall auf die Grenzfläche nicht auftritt, durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der elektromagnetischen Wellen in den beiden Medien. So kann man die Brechzahl auch schreiben als

$$n = \frac{c_0}{c} \quad \begin{array}{l} c_0 = \text{Lichtgeschwindigkeit im Vakuum} \\ c = \text{Lichtgeschwindigkeit im Medium} \\ c < c_0 \end{array} \quad (2)$$

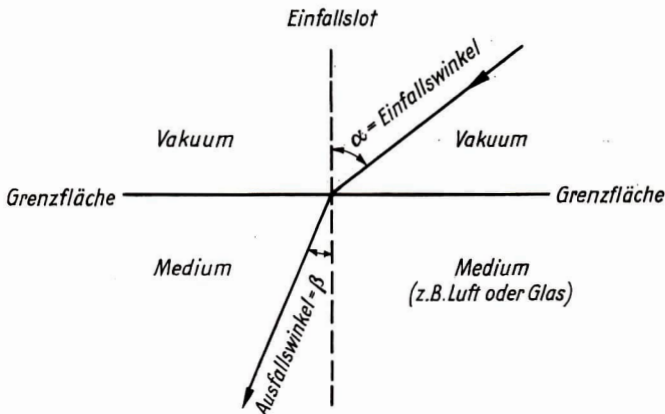
Da sich die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft nur wenig von der im Vakuum unterscheidet, ist die Brechzahl von Luft nur wenig größer als 1, sie beträgt 20°C 1,00028. In Tabelle 1 sind die Brechzahlen einiger Materialien gegen Luft angegeben.

Tabelle 1: Brechzahlen bezogen auf Luft

Übergang von Luft in	Brechzahl
Wasser	1,333
Kronglas	1,530
Kanadabalsam	1,530
Flintglas	1,732
Diamant	2,487

Beziehen wir diese allgemeinen Betrachtungen auf die Verhältnisse der Erdatmosphäre. Die Lufthülle kann nicht als optisch homogenes Medium angesehen werden. Da die Dichte der Atmosphäre mit zunehmender Höhe abnimmt, wird die Brechzahl der Lufthülle mit zunehmender Höhe geringer, d. h., ein Lichtstrahl erfährt nicht eine einmalige Brechung, wenn er aus dem Weltraum kommend auf die Erdatmosphäre trifft, sondern bei abnehmender Höhe eine zunehmend stärkere Brechung. Man kann sich für diese Betrachtungen die Erdatmosphäre aufgebaut denken als eine Folge konzentrischer Kugelschalen, deren Dichte mit zunehmender Höhe abnimmt. Dann trifft der Lichtstrahl gewissermaßen nacheinander auf immer neue Medien höherer Dichte. Dieses Modell zeigt auch sofort, daß die Größe der Brechung um so größer wird, je flacher der Strahl einfällt. Bei senkrechtem Einfall, d. h. bei Zenitbeobachtungen, erreicht der Strahl die Erdoberfläche ungebrochen.

Abb. 1



Es ist zwar eine allgemeine Gesetzmäßigkeit, daß die Dichte in der Erdatmosphäre mit zunehmender Höhe abnimmt, die Dichteschichtung ist aber keinesfalls konstant für alle Zeiten. Je nach den Bedingungen in der Lufthülle ändern sich die Dichten in den einzelnen „Schichten“ und damit die Brechzahlen der Schichten. Dadurch stößt die Aufstellung eines allgemeinen Refraktionsgesetzes auf erhebliche Schwierigkeiten.

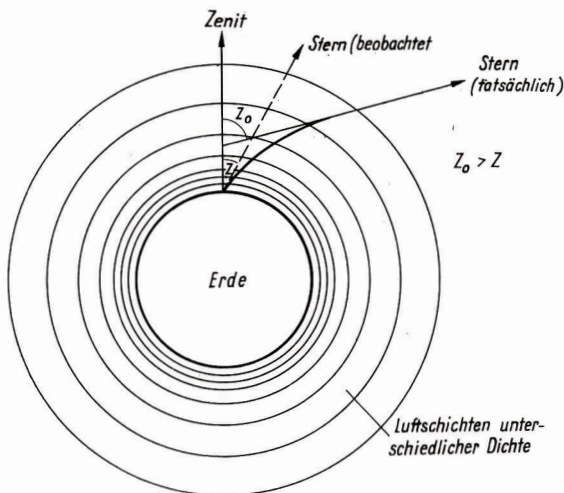
Tatsächlich nimmt der Lichtstrahl in der Atmosphäre einen zur Erdoberfläche konkav gekrümmten Weg. Es ist aber eine Tatsache, daß bis zu einer Zenitdistanz von etwa 75° die Refraktion nicht entscheidend von der Schichtung in der Atmosphäre abhängt. Man kann hier näherungsweise so rechnen, als träte der aus dem Weltraum kommende Lichtstrahl einmal auf eine brechende Schicht, die „obere Grenze“ der Lufthülle, und erreiche die Erdoberfläche nach einmaliger Brechung an dieser Schicht. Der Beobachter sieht in jedem Fall durch die Refraktion den Stern in einer größeren Höhe als er sich wirklich befindet. Das gilt sowohl für den allgemeinen als auch für den genäherten Fall.

Unter der Refraktion versteht man nun den Winkel zwischen der tatsächlichen Zenitdistanz z_0 und der scheinbaren (beobachteten) Zenitdistanz z .

$$R = z_0 - z \quad (3)$$

Wenn n_1 der Brechungsindex der Luft ist, gilt nach dem Brechungsgesetz

$$\frac{\sin(z + R)}{\sin z} = n_1 = \frac{\sin z_0}{\sin z} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (4)$$



R ist ein kleiner Winkel. Demzufolge kann man $\cos R = 1$ und $\sin R = R$ setzen. Nach einer Beziehung der ebenen Trigonometrie kann man für $\sin(z + R)$ schreiben:

$$\sin(z + R) = \sin z \cdot \cos R + \cos z \cdot \sin R \quad (5)$$

Mit den obigen Näherungen wegen der Kleinheit des Winkels R wird daraus:

$$\sin(z + R) = \sin z + R \cdot \cos z \quad (6)$$

Man bekommt nun für die Refraktion die Beziehung:

$$R = (n_1 - 1) \cdot \operatorname{tg} z \quad (7)$$

Diese Näherungsformel für die Refraktion ist anwendbar im Bereich von $z = 0^\circ$ bis $z = 75^\circ$.

In dem angegebenen Bereich ist die Refraktion dem Tangenz der Zenitdistanz proportional. Der Proportionalitätsfaktor ist sehr nahe einer Bogenminute, so daß man näherungsweise als Faustformel schreiben kann:

$$R = 1' \cdot \operatorname{tg} z \quad (8)$$

In Zenitdistanzen über 75° oder auch bei Forderung höchster Genauigkeit im angegebenen Bereich versagt das Gesetz.

Weiterhin ist zu beachten, daß die Refraktion von den Bedingungen der Atmosphäre abhängt, da sich die Brechzahl n_1 mit der Dichte und mit der Temperatur in der Lufthülle ändert. Bezeichnet man mit R_0 eine mittlere Refraktion bei 0°C und 760 Torr, dann ändert sich die Refraktion mit der Temperatur T und dem Druck b nach folgendem Zusammenhang:

$$R = \frac{b}{760} \cdot \frac{1}{1 + \frac{T}{273}} \cdot R_0 \quad (9)$$

In Tabelle 2, S. 37, findet man alle Daten, um die Refraktion im Bereich von 0° Zenitdistanz bis zum Horizont berechnen zu können. Es sind auch Möglichkeiten der Korrektur gegeben für den Temperaturbereich von -20°C bis $+30^\circ$ und von 680 Torr bis 780 Torr.

Um die Korrekturen an die mittlere Refraktion anzubringen, ist die Beziehung

$$R = R_0 (1 + A + B) \quad (10)$$

zu benutzen. A ist die Temperaturkorrektur, B ist die Druckkorrektur. Das Material der Tabelle wurde aus Ahnert: „Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen“ entnommen.

Die Refraktion muß bei genauen Höhenmessungen berücksichtigt werden. Es gibt einige Folgeerscheinungen der Refraktion, die hier kurz erwähnt werden sollen. Die erste ist, daß man auf Grund der Horizontrefraktion unter den Horizont sehen kann. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, beträgt die Horizontrefraktion im Normalfall 36,6 Bogenminuten. Das bedeutet, daß man einen Stern bereits sieht, wenn er sich noch etwas mehr als $\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizont befindet. Da Sonne und Mond einen scheinbaren Durchmesser von 30 Bogenminuten haben, sehen wir den aufgehenden Sonnen- oder Mondrand schon, wenn der Himmelskörper noch gänzlich unter dem Horizont ist. Das hat eine Verlängerung des Tages zur Folge. In Mitteleuropa beträgt die Tagesverlängerung durch das „Unter den Horizont sehen“ etwa 10 Minuten. Da sich der Betrag der Refraktion am Horizont sehr stark ändert, wird der untere Rand sowohl der Sonne wie des Mondes unmittelbar am Horizont stärker angehoben als der obere Rand. Dadurch erscheinen uns Sonne und Mond am Horizont oft abgeplattet. Genau genommen tritt dies natürlich auch in größeren Höhen auf. Hier ist die Differenz der Refraktion von unterem und oberem Rand aber so gering, daß man die Abplattung nicht wahrnehmen kann.

Weitere Folgen der atmosphärischen Strahlenbrechung, die weniger Bedeutung für astronomische Beobachtungen haben, sind die sog. Kimmung und die Luftspiegelungen.

Wenn die unmittelbar über der Erdoberfläche — z. B. über ausgedehnten Wasserflächen — liegenden Luftschichten wesentlich kälter sind als höher liegende Schichten und damit auch wesentlich dichter, werden die Lichtstrahlen, die von der Wasseroberfläche schräg nach oben gehen, vom Einfallslot weggebrochen (Übergang vom optisch dichten in das optisch dünnere Medium, von der kalten in die warme Luftschicht).

Dadurch schlagen die Strahlen eine Richtung ein, die der waagerechten nahe kommt, und in das Auge gelangt noch Strahlung von Gegenständen, die eventuell schon unter dem Horizont liegen. Man hat den Eindruck einer scheinbaren Hebung der auf der Erdoberfläche liegenden Gegenstände.

Unter besonderen Umständen kann es auch vorkommen, daß tiefere Luftschichten eine deutlich geringere Dichte haben. Das ist z. B. möglich, wenn bei Windstille die Erde durch Sonneneinstrahlung sehr aufgeheizt wird und dadurch die bodennahen Schichten sich abnorm erwärmen. Der Lichtstrahl wird dann von der Erdoberfläche weggekrümmt. Wird die Krümmung so stark, daß der Strahl nach Erreichen seines tiefsten Punktes wieder nach oben geht, so erfährt er eine scheinbare Totalreflexion und die heiße Luftschicht wirkt wie ein Spiegel. Dies kann man im Sommer über dunklen Landstraßen erkennen.

Endlich besteht auch die Möglichkeit, daß sich in größeren Höhen stark verdünnte Luftschichten größerer Ausdehnung bilden. Dann tritt hier in ähnlicher Weise eine Totalreflexion nach vorhergehender Strahlenbrechung ein, und man beobachtet am Himmel das Spiegelbild von auf der Erde befindlichen Gegenständen.

Es gibt aber auch astronomisch bedeutungsvolle Refraktionsanomalien, die unter besonderen Witterungsbedingungen entstehen können. Wenn die Schichten unterschiedlicher Dichte nicht parallel zur Erdoberfläche liegen, dann kann auch eine sog. Azimutalrefraktion auftreten. Schräg verlaufende Schichten in der Lufthülle haben dann natürlich auch zur Folge, daß der Refraktionsbetrag im Zenit größer als Null ist, und man spricht von einer Zenitrefraktion. Bei Beobachtungen in einer

Beispiele zur Anwendung der Tabelle 2A, B, C

1. Es wird die Zenitdistanz $z = 72^\circ$ beobachtet.
Die gemessene Temperatur beträgt -10°C ,
der gemessene Luftdruck 730 Torr.

Die richtige Zenitdistanz ist

$$z_0 = z + R$$

$$R = R_0 (1 + A + B)$$

Aus den Tabellen entnimmt man:

$$R_0 = 03'03''$$

$$A = +0,040$$

$$B = -0,040$$

$$R = R_0 (1 + 0,040 - 0,040) = R_0$$

$$R = 3'03'' = z_0 = 72^\circ 03'03''$$

2. Es wird die Zenitdistanz $z = 56^\circ$ beobachtet.
Die herrschende Temperatur beträgt $+7^\circ$,
der herrschende Druck ist 738 Torr. Durch

Interpolation erhält man aus der Tabelle:

$$R_0 = 01'30'',5$$

$$A = -0,026$$

$$B = -0,029$$

$$R = 90'',5 (1 - 0,026 - 0,029) = 90'',5$$

$$\text{mal } 0,945$$

$$R = 85'',5 = 1'25'',5$$

$$z_0 = 56^\circ 01'25'',5$$

Tabelle 2 A:

Mittlere Refraktion R_s als Funktion der scheinbaren Zenitdistanz z
 z in Grad R_s in Winkelmaß

0	0' 00''
10	00 11
20	00 22
30	00 35
40	00 50
45	01 00
50	01 12
55	01 22
60	01 35
63	01 44
66	01 57
69	02 14
72	02 35
74	03 03
76	03 27
78	04 36
80	05 30
81	06 04
82	06 47

Tabelle 2 B:

Refraktionskorrektur in Abhängigkeit von der Temperatur
 T in Grad Celsius Korrektur A

-20	-0,083
-15	0,060
-10	0,040
-5	0,020
0	0,000
+5	-0,019
10	-0,037
15	-0,055
20	-0,071
25	-0,088
30	-0,104

z in Grad	R_s in Winkelmaß
83	07 39
84	08 46
85	10 13
86	12 12

Tabelle 2 C:

Refraktionskorrektur in Abhängigkeit vom Druck
 b in Torr Korrektur B

680	-0,105
690	-0,092
700	-0,079
710	-0,066
720	-0,053
730	-0,040
740	-0,026
750	-0,013
760	0,000
770	+0,013
780	0,026

z in Grad	R_s in Winkelmaß
87	14 59
88	19 07
89	25 37
90	36 36

Kuppel besteht die Möglichkeit, daß sich im Kuppelraum oder dem Spalt eine besondere Luftschichtung einstellt, die eine Strahlenbrechung bewirkt. Hier spricht man von der Saalrefraktion.

Die zuletzt erwähnten Beispiele treten aber selten auf und brauchen bei den Reduktionen von Beobachtungen im allgemeinen nicht berücksichtigt zu werden.

In Heft 4/72 werden Probleme der atmosphärischen Extinktion behandelt.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung.

Sechonov

7 S

143 W

Ivan M. (1829–1905), russischer Physiologe; Professor der Universität St. Petersburg; Pionier der russischen Physiologie und Neurologie; Forschungen über das zentrale Nervensystem und die Reflexe; lokalisierte Reflexhemmungszentren im Rückenmark.

Segers

47 N

128 E

Carlos (1900–1967), argentinischer Beobachter variabler Sterne und Organisator der Amateur-Astronomen in Südamerika; Autor vieler populärwissenschaftlicher Artikel und Vorträge.

Seidel

33 S

152 E

P. L. von (1821–1896), deutscher Astronom; Mathematiker; Professor, München; Refraktion und Dispersion, Aberration optischer Systeme, Pionier der Sternphotometrie.

Seyfert

29 N

114 E

Carl K. (1911–1960), USA-Astronom; Professor, Vanderbilt; Direktor des A. J. Dyer-Observatoriums; Spektrophotometrie von Sternen und Galaxien; Struktur der Milchstraße; photoelektrische Photometrie Bedeckungsveränderlicher; „Seyfert-Galaxien“.

Shajn

33 N

172 E

Grigori A. (1892–1956), sowjetischer Astrophysiker; Direktor des Krim-Observatoriums; Physik von Sternen und interstellarem Raum; Sternrotation; gasförmige Nebel-Isotope von C und N.

Sharonow	13 N	173 E
Wsewolod V. (1901 – 1964), sowjetischer Astronom; Professor der Universität Leningrad, Direktor des Leningrader Observatoriums; Forschungen über Planeten, atmosphärische Optik, Oberflächenphotometrie und Messungen absoluter Helligkeit.		
Shi Shen	76 N	105 E
(4. Jhd. v. u. Z.), Chinesischer Astronom, Shantung; stellte den ersten Sternkatalog mit 809 Sternen zusammen; erkannte den Zusammenhang der Sonnenfinsternisse mit dem Mond.		
Sierpinski	27 S	155 E
Waclaw (1882 – 1969), polnischer Mathematiker; Professor der Universität Warschau; Forschungen über logische Grundlagen der Mathematik und Topologie; Zahlentheorie.		
Sisakian	41 N	109 E
Norair M. (1907 – 1966), sowjetischer Biochemiker, Akademie der Wissenschaften der UdSSR; biochemische Eigenschaften des Protoplasmas, Wirkung von Enzymen auf metabolische Prozesse; biologische Effekte von energiereicher Strahlung; Bioastronautik.		
Slipher	50 N	160 E
Earl C. (1883 – 1964), USA-Astronom, Lowell-Observatorium; Planeten-Beobachtungen.		
Slipher		
Vesto M. (1875 – 1969), USA-Astronom; Direktor des Lowell-Observatoriums; astronomische Spektroskopie; Planetenatmosphären; entdeckte die hohen Fluchtgeschwindigkeiten der Galaxien, Grundlage der Theorie des sich ausdehnenden Universums; Geschwindigkeit der Sternhaufen; Kometen; Strahlung des Nachthimmels.		
Smoluchowski	60 N	96 W
Marian (1872 – 1917), polnischer Physiker; Fluktuationstheorie, 2. Gesetz der Thermodynamik, Theorie der Brown'schen Bewegung; kritische Opaleszenz; kinetische Theorie der Kolloide.		
Snidecki	22 S	169 W
Jan (1756 – 1830), polnischer Astronom und Mathematiker; Professor der Universität Krakau, Gründer des Krakauer Observatoriums, Direktor des Vilen-Observatoriums; systematische Beobachtung von neu entdeckten Asteroiden; Geschichte der Astronomie.		
Sommerfeld	65 N	161 W
Arnold J. W. (1868 – 1951), deutscher Physiker; Professor der Universität München; Atomstruktur; Quantentheorie der Spektrallinien; Wellen-Mechanik und ihre Anwendung auf das Bohr'sche Atommodell.		
Spencer Jones	13 N	166 E
Sir Harold (1890 – 1960), englischer Astronom; Direktor des Greenwich-Observatoriums; Forschungen über Längenvariationen, Irregularitäten der Erdbewegung; Berechnung der Planetenmasse; Werte für die Sonnenparallaxe.		
Spiru Haret	59 S	176 W
(1851 – 1912), rumänischer Astronom; Himmelsmechanik; Langzeiteinflußgrößen auf planetare Störungen.		
Stark	25 S	134 E
Johannes (1874 – 1957), deutscher Physiker; Professor der Universität Würzburg; Nobelpreis 1919; Strahlung und Atomtheorie; spaltete als erster Spektrallinien durch ein elektrisches Feld (Stark-Effekt).		
Stebbins	65 N	143 W
Joel (1878 – 1966), USA-Astronom; Professor der Universität Wisconsin; Direktor des Washburn-Observatoriums; Pionier der photoelektrischen Sternphotometrie.		
Stefan	46 N	109 W
Joseph (1835 – 1893), österreichischer Physiker; Professor der Universität Wien; entdeckte das Gesetz, daß die totale Strahlung eines schwarzen Körpers proportional T^4 ist.		

Stein	7 N	179 E
J. W. (1871 – 1951), holländischer Astronom; Direktor des Castel Gandolfo-Observatoriums; Veränderliche Sterne.		
Steklov	37 S	105 W
Vladimir (1864 – 1926), sowjetischer Mathematiker; Gründer des Instituts für Physik und Mathematik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR; mathematische Physik, Hydromechanik; Theorie der Elastizität.		
Steno	33 N	162 E
Nicolaus (1638 – 1686), Anatom, Geologe (geb. in Dänemark, arbeitete hauptsächlich in Italien und Deutschland), Pionier der Geologie, Paläontologie, Kristallographie, behauptet, daß die Sedimentlager ursprünglich horizontal gewesen wären; diskutierte die Bildung von Bergen, das Kristallwachstum, den organischen Ursprung von Fossilien; das Wissen der Anatomie wurde durch seine Sezession bedeutend erweitert.		
Sternberg	19 N	117 W
Pavel K. (1865 – 1920), russischer Astronom; Professor und Direktor des Moskauer Observatoriums; photographische Astronomie und Gravimetrie; Breitenbestimmung.		
Stetson	40 S	119 W
Harlan T. (1885 – 1964), USA-Astronom, Geophysiker; Direktor des Laboratoriums M. I. T., kosmisch-terrestrische Forschungen; Zusammenhang von Sonnenflecken mit dem Radioempfang; Wirkung des Mondes auf die Ionisation der Hochatmosphäre.		
Stoletov	45 N	155 W
A. G. (1839 – 1896), russischer Physiker; Professor der Universität Moskau; Studien des Photoeffektes, elektrische Entladungen in Gasen (Stoletov-Effekt); Elektromagnetismus und Ferromagnetismus.		
Stoney	56 S	156 W
George J. (1826 – 1911), irischer Mathematiker und Physiker; Professor des Queen's Coll. in Galway; führte den Begriff Elektron ein und berechnete einen annähernden Wert seiner Ladung (1874); Forschungen über Wellenbewegung und Optik, Atomstruktur und Spektrentheorie, kinetische Gastheorie; Planetenatmosphären.		
Störmer	57 N	145 E
F. Carl M. (1874 – 1957), norwegischer Mathematiker und Astronom; Professor der Universität Oslo; erfand einen Apparat zum Photographieren der Aurora borealis; Forschungen über die Bewegung von geladenen Partikeln im irdischen Magnetfeld; sagte die Existenz der Van Allen-Gürtel voraus.		
Stratton	6 S	165 E
Frederick J. M. (1881 – 1960), englischer Astronom und Astrophysiker; Professor der Universität Cambridge, Direktor des Observatoriums für solare Physik; Sonnenfinsternisse, Astrophysik.		
Strömgren	22 S	133 W
Ellis (1870 – 1947), dänischer Astronom; Professor, Kopenhagen; Forschung über Bewegungen von Doppelsternen und Kometen.		
Subbotin	29 S	135 E
Michail F. (1893 – 1966), sowjetischer Astronom; Professor der Universität Leningrad; Direktor des Instituts für theoretische Astronomie; Forschung über Himmelsmechanik, Bahnen von Kometen und Planeten.		
Sumner	37 N	109 E
Th. H. (1807 – 1876)], USA; Bestimmung der geographischen Position mit Hilfe der „Sumner-Kreise“.		
Sundman	11 N	91 W
K. F. (1873 – 1940), finnischer Astronom; Professor in Helsinki; 3-Körper-Problem.		
Swann	52 N	112 E
William F. G. (1884 – 1962), Physiker (geb. in England); Direktor des Franklin-Institutes; nahm an der Erforschung der kosmischen Strahlen teil, Atomstruktur, Relativität und atmosphärische Elektrizität.		

Szilard

34 N

106 E

Leo (1898–1964), ungarisch-amerikanischer Physiker; Professor der Universität Chicago; leitete die erste nukleare Kettenreaktion gemeinsam mit Fermi; Forschung über Molekularbiologie; prüfte mit W. Zinn die Möglichkeit der sich selbst aufrecht erhaltenden Kernfusion 1939.

Teisserenc de Bort

32 N

137 W

Leon P. (1855–1913), französischer Meteorologe; Gründer des Observatoriums für dynamische Meteorologie, Trappes; führte den Gebrauch von unbemannten hochfliegenden instrumentierten Ballons ein zur systematischen Beobachtung der Hochatmosphäre; entdeckte eine isotherme Schicht, die später Stratosphäre genannt wurde.

Ten Bruggencate

9 S

134 E

P. (1901–1961), deutscher Astronom; Direktor des Göttinger Observatoriums; Sternhaufen; Sonnenspektrum.

Tesla

38 N

125 E

Nikola (1856–1943), USA-Elektroniker, Erfinder (geb. in Kroatien); viele Erfindungen und Entdeckungen bei der Übertragung von Wechselstrom, drahtlose Verbindung, Erzeugung elektrischer Schwingungen.

Thiel

40 N

134 W

Walter (1910–1943), deutscher Raketenwissenschaftler; beteiligt bei der Entwicklung des A4 (V2) Triebwerkes, eines flüssig gekühlten doppelwandigen Raketenriebwerkes von 56000 Ps Rückstoß mit Pumpenversorgung sowie der Produktion nach dem ersten erfolgreichen Test 1940; kam 1943 beim Bombardement von Peenemünde ums Leben.

Thiessen

75 N

169 W

E. (1914–1961), deutscher Astronom, Hamburger Observatorium; Magnetfelder der Sonne.

Thomson

32 S

166 E

Sir Joseph J. (1856–1940), englischer Physiker; Professor der Universität Cambridge; Nobelpreis 1906; Elektrizität, Magnetismus, Atomstruktur; maß das Verhältnis der Ladung zur Masse von Kathodenstrahlen, entdeckte dabei das Elektron.

Tihomirov

25 N

162 E

Nikolai I. (1860–1930), sowjetischer Chemieingenieur; Organisator und Chef des Laboratoriums für Gasdynamik; Schöpfer der sowjetischen Entwürfe von Raketen, für die rauchloses Pulver verwendet wird; leitete die Entwicklung von rauchlosem Pulver mit festem Träger, erfolgreicher Start der ersten Raketen.

Tichov

62 N

172 E

Gavril A. (1875–1960), sowjetischer Astronom, Pulkovo-Observatorium, Institut für Astrobotanik Kasachstan; detaillierter Vergleich der spektrophotometrischen Eigenschaften der Marsoberfläche mit jenen der Erdvegetation in verschiedenen Klimazonen.

Tiling

52 S

132 W

Reinhold (1890–1933), deutscher Raketenwissenschaftler; baute einige Feststoffraketen in den frühen 30er Jahren mit dem Ziel, sie als Postraketen über den englischen Kanal hinweg zu verwenden; eine erreichte 32500 ft. Höhe; T. wurde bei einer Explosion in seinem Laboratorium getötet.

Timiryazev

5 S

147 W

Kliment A. (1843–1920), russischer Botaniker, Physiologe; Professor der Universität Moskau; Studien der Photosynthese; Entwicklung des Darwinismus.

Titius

27 S

101 E

J. D. (1729–1796), deutscher Astronom; Professor, Wittenberg; Verhältnisse der Planetenabstände.

Trumpler

28 N

168 E

Robert J. (1886–1956), USA-Astronom, Lick-Observatorium; Sternhaufen; photographische Größenbestimmungen, Radialgeschwindigkeiten; Sternstatistik; interstellare Absorption.

Fortsetzung folgt.

Amateure beobachten und berichten

GEORG WETTENGEL

Astrophysikalische Beobachtungen mit Teilnehmern schulischer Arbeitsgemeinschaften

Die Astrophysik hat größere Bedeutung im Astronomieunterricht der Oberschulen erlangt [1]; [2]. Im Rahmenprogramm für Arbeitsgemeinschaften der Klassen 9 und 10 werden ebenfalls Probleme der Sternphysik und Stellarastronomie genannt [3].

Relativ wenig Beobachtungsaufgaben zu diesem Gebiet sind ohne astronomische Geräte ausführbar. Die Beobachtung farbiger Sterne bildet bei geringem Aufwand einen Schlüssel zu einer Reihe astronomischer Fakten.

Die folgenden Ausführungen sind Ergebnisse einer Beobachtungsreihe, die mit Schülern einer 12. Klasse der Erweiterten Oberschule Oelsnitz (Vogtl.) im Schuljahr 1970/71 durchgeführt wurde; sie sollen dem Amateurastronomen Anregungen geben, wie mit AG-Teilnehmern Beobachtungen astrophysikalischer Natur vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet werden können.

1. Zustandsgrößen der Fixsterne, die über Farbbeobachtungen zu ermitteln sind

Zustandsgrößen sind teils direkt durch Beobachtung, teils durch theoretische Folgerungen zu ermitteln. Für die Auswertung der Farbbeobachtungen sind die Zustandsgrößen Spektraltyp, effektive Temperatur bedeutungsvoll. Zur Darlegung des Zusammenhangs dieser Größen benötigt man einige Tatsachen über Temperaturstrahlung.

Jeder temperierte Körper sendet eine Strahlung aus. Diese überdeckt einen Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Trifft diese Strahlung auf einen Körper auf, so kann sie durchgelassen, reflektiert oder absorbiert werden. Ein Körper, der sämtliche auftreffende Strahlung absorbiert, heißt Schwarzer Körper. Sein Absorptionsvermögen beträgt $\alpha = 1$. Betrachtet man Körper in Emission, so ergibt sich, daß ein Schwarzer Körper alle Energie abstrahlt. Sein Emissionsvermögen beträgt $\epsilon = 1$. Dies ist eine Folgerung des KIRCHOFFSchen Strahlungsgesetzes: „Das Verhältnis von Emissionsvermögen und Absorptionsvermögen ist bei gegebener Temperatur für alle Körper konstant und dem Betrage nach gleich dem Emissionsvermögen des Schwarzen Körpers“ [4; 363].

Der Zusammenhang von Strahlungsfluß (Leistung) und Temperatur des Schwarzen Körpers wird durch das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz gegeben: $\Phi = \sigma \cdot A \cdot T^4$, wobei σ eine Konstante ist, die für einen Schwarzen Körper den Wert $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{grad}^{-4}$ hat. Die Verteilung des Strahlungsflusses auf die Frequenzen des Spektrums wird durch das PLANCKsche Gesetz beschrieben. Dieses lautet [5; 288]:

$$D = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

Dabei bedeuten: $D = \frac{\Phi}{A}$ die Strahlungsflußdichte des jeweiligen Frequenzbereiches,

$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ W} \cdot \text{s}$ die PLANCKsche Konstante,

$k = 1,380 \cdot 10^{-24} \text{ W} \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^{-1}$ die BOLTZMANN-Konstante,

c die Lichtgeschwindigkeit.

Abb. 1, S. 42, zeigt den Verlauf der Funktionskurven für jeweils konstante Temperatur. Durch bestimmte Integration ergibt sich der gesamte Strahlungsfluß über alle Wellenlängen. Jede Kurve zeigt ein Maximum, das sich mit wachsender Temperatur besser ausprägt. Seine Lage verschiebt sich dabei mehr nach dem kurzwelligen Teil des Spektrums. Die Lage der Extremwertabszisse wird durch das WIENsche Verschiebungsgesetz beschrieben: $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{grad}$.

Betrachtet man die Sterne näherungsweise als Schwarze Körper, so ergibt sich:

- Der Strahlungsfluß — in der Astronomie ist die Bezeichnung Leuchtkraft üblich — wächst mit der 4. Potenz der effektiven Temperatur. Darunter versteht man die Temperatur, die ein Schwarzer Körper haben müßte, der je Flächeneinheit und Zeiteinheit die gleiche Energiemenge ausstrahlt wie der Stern.
- Die Lage des Maximums verschiebt sich mit wachsender effektiver Temperatur nach kürzeren Wellenlängen. Dabei werden die Extremwerte markant ausgeprägt.

Abb. 1

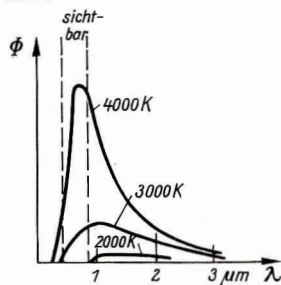
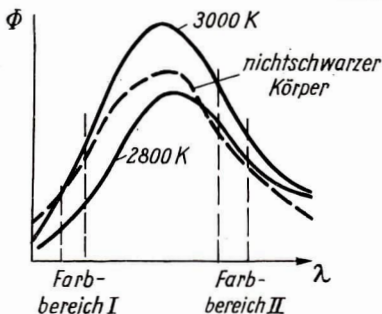


Abb. 2



Dadurch ist eine Verknüpfung von Farbe und Temperatur gegeben. Die Zustandsgröße Spektraltyp charakterisiert die Sternspektren nach auftretenden Absorptionslinien. Die Stärke der Linien ist u. a. ein Maß für Anregungs- bzw. Ionisationszustände der Partikel, so daß die Relation besteht: Sterne gleicher Spektralklasse haben gleiche effektive Temperatur.

Der Henry-Draper-Katalog gibt für die Spektralklassen folgende Skale an:

O 50000 °K	A5 8700 °K	G5 5500 °K
B0 25000 °K	F0 7600 °K	K0 5100 °K
B5 15600 °K	F5 6600 °K	M0 3600 °K
A0 11000 °K	G0 6000 °K	M5 3000 °K

Die Harvard-Klassifikation berücksichtigt zusätzlich die durch den Einfluß der Leuchtkraftklassen gegebenen Unterschiede [6]. Mit Hilfe des PLANCKschen Strahlungsgesetzes erhält man aus der Angabe der Spektralklasse Aussagen über den in den verschiedenen Frequenzbereichen vorhandenen Strahlungsfluß. Die Beziehung von effektiver Temperatur und Spektralklasse führt in Verbindung mit der Lage des Maximums zu einer sehr wirksamen Farbe des Sternenlichts, die vereint mit allen schwächer ausgestrahlten Frequenzen einen bestimmten Farbeindruck ergibt.

Spektraltyp	effektive Temperatur	Lage des Maximums	Farbeindruck
B	21000 °K	ultraviolett	bläulich/weiß
A	9700 °K	ultraviolett	weiß
F	7200 °K	violett	gelblich/weiß
G	6000 °K	blau	gelb
K	4700 °K	gelb	orange
M	3300 °K	rot	rötlich

[7]

Die Bestimmung des Spektraltyps nach dem Farbeindruck ist nur in weiten Grenzen brauchbar. Die farbenempfindlichen Zapfen des Auges reagieren nur auf kräftige Eindrücke; außerdem ist das Auge nicht für alle Farben gleichermaßen empfindlich. Es hat sich dem Strahlungsmaximum der Sonne angepaßt. Hinzu kommt, daß die Strahlungskurven der Sterne von der des Schwarzen Körpers abweichen [8]. Dies führt zur Definition der Farbtemperatur. Darunter versteht man die Temperatur

für einen bestimmten Frequenzbereich, die ein Schwarzer Körper haben muß, wenn die Verteilung der Strahlungsflußdichte in diesem Bereich gleich der Sternstrahlung ist (Abb. 2).

An Stelle der Angabe zweier oder mehrerer Farbtemperaturen für die Charakterisierung eines Sterns arbeitet man in der Praxis mit dem Farbindex. Der Zusammenhang effektive Temperatur — Spektralklasse des HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramms kann deshalb durch das Farben-Helligkeits-Diagramm mit der Beziehung effektive Temperatur-Farbindex ersetzt werden.

2. Organisation der Schülerbeobachtung

Selbsttätigkeit, Entwicklung des Beobachtungsvermögens und selbständiges Lösen von Aufgaben sind wesentliche Bestandteile von Bildung und Erziehung in naturwissenschaftlichen Disziplinen. Das gilt auch für die Astronomie.

Für die Beobachtung farbiger Sterne entwarf ich drei Protokollbogen, welche die Schüler bearbeiten mußten. Dabei stützte ich mich auf verschiedene Veröffentlichungen [9...12] sowie auf eine Arbeit von Georg Leistner, Glauchau [14]. Die Schüler sollten folgende Aufgaben lösen:

- In Tabelle 1 war mit Hilfe der drehbaren Schülersternkarte die Beziehung Farbe-Stern zu bearbeiten. Farbeindrücke auffälliger Sterne waren zu erfassen und nach vorgegebenen Kennzeichen zu ordnen.
- In Tabelle 2 sollte die Farbe bestimmter, den Schülern durch Beobachtung bekannter Sterne festgestellt werden. Eine Farbskala habe ich hier nicht vorgegeben.
- Die Sterne der Übung 2 waren mit Rot- und Blaufilter zu beobachten. Dazu wurden die zweifarbigen Brillen eines Klassensatzes [13] ausgegeben. Es kann angenommen werden, daß die Filter dieses Satzes aus einheitlichem Material gefertigt sind.
- Die Hauptsterne Castor und Pollux des Sternbildes Zwillinge waren nach ihrer Helligkeit mit bloßem Auge, durch Rotfilter und durch Blaufilter zu vergleichen. Durch Selbststudium sollte eine Schlußfolgerung aus der Beobachtung gezogen werden.

3. Durchführung der Beobachtungen

Für die Beobachtungen mit Farbfiltern sind einige Bemerkungen erforderlich. Die farbigen Anteile des weißen Lichts werden durch Farbfilter getrennt. Während gleichfarbige Anteile durchgelassen werden, absorbieren die Filter die andersfarbigen Anteile des Spektrums.

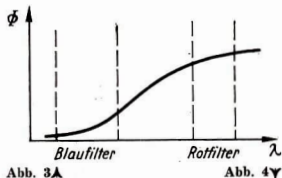


Abb. 3A

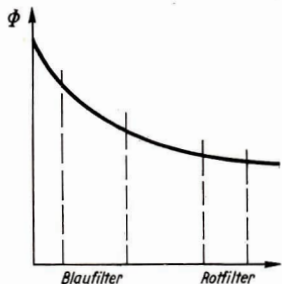
Beispiele:

- Spektraltyp M (Abb. 3)

Das Maximum der PLANCK'schen Strahlungskurve der zugehörigen Temperatur liegt bei Frequenzen roter Farbe. Deshalb ist die Helligkeit im Rotfilter größer als im Blaufilter.

- Spektraltyp A (Abb. 4)

Das Maximum der PLANCK'schen Strahlungskurve der zugehörigen Temperatur liegt am kurzwelligen Ende des sichtbaren Spektrums. Die Helligkeit im Blaufilter ist deshalb größer als im Rotfilter. Die Energieabstrahlung im roten Spektralbereich ist jedoch so kräftig, daß das Objekt im Rotfilter eine gewisse Helligkeit zeigt.



Rot- und Blaufilter bringen bei lichtstarken Objekten zufriedenstellende Beobachtungsergebnisse. Außer den Filtern aus [13] eignen sich die Farbfilter des Schülerübungsgerätes Optik, welches in vielen Schulen zur Verfügung steht. Das darin enthaltene Gelbfilter liefert unrealistische Ergebnisse, weil das menschliche Auge im gelben Bereich ein Empfindlichkeitsmaximum besitzt, das biologisch bedingt ist.

Bei Benützung von Feldstecher und Fernrohr können die Beobachtungen auch an Sternen geringerer scheinbarer Helligkeit ausgeführt werden.

4. Zum Ergebnis der Beobachtungen

Die Schülergruppe, mit der die Versuche durchgeführt wurden, bestand aus 24 Schülern. Die Beobachtungen erfolgten in den Monaten Januar bis März 1971. Wegen der Wohnortslagen der Teilnehmer war in mehreren Fällen das Lösen der Aufgaben ohne Beisein des Lehrers geboten. Kollektivarbeit war somit möglich und wurde nach Aussagen der Schüler dann auch in Gruppen bis zu 3 Mann geleistet. Auskünfte über die Durchführung wurden von mir erteilt. Die Protokolle wurden meist sehr sorgfältig angefertigt. Die Beobachtung erfolgte vor der theoretischen Besprechung der Fixsterne. Sie hatte vorbereitenden Charakter. Die Fragestellung nach einer physikalischen Begründung verlangte eine theoretische Vorarbeit, wie sie von Abiturienten gefordert werden kann. 5 Teilnehmer gaben keine Begründung, eine Schülerin schrieb am Thema vorbei, die übrigen Angaben waren stichhaltig. Der Zusammenhang von Farbe und Temperatur wurde erkannt. Obwohl die Glühfarben des Eisens in der erweiterten Oberschule nicht behandelt werden, bedienten sich einige Schüler dieses Vergleichs. Bei der Arbeit an der Relation Farbe-Fixstern haben einige Schüler auch in den Frühstunden beobachtet. Sie führten Wega an.

Bei den Farbangaben sind die Grenzen fließend; so wird Capella teils als gelb, teils als rötlich eingestuft. Eigentümlicherweise wurde Dubhe bei der Bearbeitung der Relation Stern-Farbe mehrfach als rötlich bezeichnet. Die Beobachtungen mit Filter waren einwandfrei.

Beim Vergleich von Castor und Pollux mit bloßem Auge gaben die Jugendlichen meist Castor als heller an. Die maximale Empfindlichkeit des Auges führte zur Überdeckung der geringfügig größeren Helligkeit von Pollux. Die Sichtbarkeit mit Filter wurde von allen richtig beurteilt. Als theoretische Schlußfolgerung wurden neben der unterschiedlichen Temperatur auch die chemische Zusammensetzung und die Schwerebeschleunigung genannt.

5. Auswertung in didaktischer Hinsicht

Das Ergebnis der Beobachtungen einer ganzen Gruppe zeigt Wert und Grenzen dieser Übung.

- Die Teilnehmer sind in der Lage, selbständig zu beobachten, Farbunterschiede festzustellen und Erkenntnisse zu gewinnen, welche das Verstehen astrophysikalischer Sachverhalte vorbereiten.
- Es empfiehlt sich, aus der Lichtbildreihe R 749 „Sternphysik I“ die Bilder 1—4 sowie aus der Reihe R 824 „Astronomie II, Bilder zur Astrophysik“ die Dias 5, 8 und 9 bei der Vorbereitung und Auswertung der Beobachtung zu verwenden. Die Bildreihen können bei jeder Kreisstelle für Unterrichtsmittel ausgeliehen werden.
- Die erzieherische Bedeutung liegt in der vielseitigen Entwicklung selbständigen Arbeitens:
Vorbereitung und Durchführung der Beobachtung, Arbeit mit der Sternkarte, Arbeit mit Literatur, Arbeit am Protokoll, Formulierung von Fachtexten.

Das Denkvermögen wird entwickelt, wichtige Fertigkeiten für Beruf und Studium werden geübt und gefestigt.

- Die teilweise individuell durchgeführte Arbeit ist ein aus geographischen und organisatorischen Gründen erforderlicher Behelf. Für Schüler der 9. und 10. Klassen ist diese Maßnahme nur in Ausnahmefällen zu empfehlen. Anleitung und Kontrolle sind zu verstärken.
- Die Arbeitsgemeinschaften der 9. und 10. Klassen setzen sich aus interessierten Schülern zusammen. Mittelpunkt der Arbeit ist Beobachtungstätigkeit. Materielle Voraussetzungen sind oft besser erfüllt als an den Schulen. Unser Thema kann umfassender bearbeitet werden. Es bieten sich an: Photographische Methoden mit NP 27-Film, Beobachtung mit Spektroskop und Benutzung von Feldstecher und Fernrohr.

Beobachtungsprotokolle

Aufgabe 1: Suchen Sie Sterne auf, deren Färbung Ihnen besonders auffällt! Bestimmen Sie diese Sterne mit Hilfe der Sternkarte, und tragen Sie dieselben in Tabelle 1 ein!

Beobachtungstag und Zeit:

Beobachtungsort:

Hilfsmittel:

Tabelle 1

bläulich/weiß

gelb

rötlich

Aufgabe 2: Bestimmen Sie die Färbung der in Tabelle 2 gegebenen Sterne! Geben Sie eine kurze physikalische Begründung für deren unterschiedliche Färbung!

Tabelle 2

Stern	Capella	Aldebaran	Beteigeuze	Castor	Pollux	Prokyon
Farbe						

Stern	Dubhe	Alloth	Benetnasch	Polarstern	Arktur	Regulus	γ -Leonis
Farbe							

Aufgabe 3: Beobachten Sie die in Tabelle 2 genannten Sterne,

a) mit Hilfe eines Blaufilters b) mit Hilfe eines Rotfilters

Stern	Blaufilter	Rotfilter

Aufgabe 4: Vergleichen Sie die Helligkeiten von Castor und Pollux!

a) mit Rotfilter b) mit Blaufilter!

Was schließen Sie daraus?

	bloßes Auge	Blaufilter	Rotfilter
Castor			
Pollux			

Literatur

[1] Lehrplan für Astronomie Klasse 10, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1960. — [2] Klaus Lindner, Forderungen des neuen Lehrplanes an die unterrichtliche Behandlung des Stoffgebietes Astrophysik und Stellarastonomie, in: Astronomie in der Schule 1971, Heft 1, S. 11. — [3] Rahmenprogramm für Arbeitsgemeinschaften der Klassen 9 und 10 Astronomie, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971. — [4] Helmut Lindner, Lehrbuch der Physik für Ingenieur- und Fachschulen, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1969. — [5] Robert Wichard Pohl, Optik und Atomphysik, Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1954. — [6] Otto Struve, Astronomie — Einführung in die Grundklassen, Walter de Gruyter, Berlin, 1963. — [7] Arnold Zenkert, Unterrichtsmittel — Beiblatt: Anschauungstafel Spektralklassen der Fixsterne, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, o. J. — [8] Helmut Lindner, Physik im Kosmos, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1964. — [9] Klaus Lindner, Astronomisches Schülerpraktikum in der Klasse 10, Zeitschrift Mathematik, Physik, Astronomie in der Schule, 1961, Heft 8, S. 568. — [10] Beiträge zur Methodik des Astronomieunterrichts in der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, o. J., S. 13. — [11] Methodische Beiträge zum Unterricht im Fach Astronomie 1 — Praktische Schülerbeobachtungen für den Astronomieunterricht, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1962, S. 21. — [12] K. G. Steinert, Schülerbeobachtungen IV, Karteikarte der Zeitschrift Astronomie in der Schule, 1967, Heft 2. — [13] Anaglyphen zur Darstellenden Geometrie — Zweitafelprojektion, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 1965. — [14] Georg Leistner, „Schülerbeobachtungen zum Stoffgebiet Astrophysik“, Zeitschrift Astronomie in der Schule 1971, Heft 4, S. 87.

Mondfinsternis 1971 August 6

Zusammenfassender Bericht über Amateurbeobachtungen

1. Färbung des Mondes während der Totalität

Mit dem Sichtbarwerden des Mondes für das bloße Auge zeigte sich sofort, daß der SSO-Teil in Form eines schmalen Bandes gelb-orange leuchtete. Der restliche Teil des Mondes zeigte einen grauen Ton. Gegen 21^h25^m MEZ war die Ost-Hälfte übersiegend gelb, während im äußersten Westen ein eintöniges Grau vorherrschte und sich im SSW bis zum Krater Tycho ein oranger Ton zeigte.

2. Detailsichtbarkeit während der Totalität

Je nach verwendetem Instrumententyp kamen die verschiedenen Beobachter hier zu Ergebnissen, die z. T. stark voneinander abwichen. Im Newtonspegel von 165 mm Öffnung bei einer Vergrößerung $N = 58$ fach waren gegen 21^h8^m MEZ Aristarch, Kepler und Kopernikus sowie die Umrisse der Maria auf der Ostseite einschl. Grimaldi grob und verwachsen sichtbar. In einem 63-mm-Refraktor wurde Grimaldi erst 21^h13^m MEZ und Aristarch um 21^h21^m MEZ sichtbar.

Die Osthälfte der Mondscheibe zeigte gegen 21^h 25^m MEZ im 165-mm-Newtonspiegel einen solchen Detailreichtum wie zur Zeit des aschgrauen Mondlichtes während bester Sichtbarkeitsbedingungen.

3. Allgemeine Helligkeit der Finsternis

Diese Finsternis war wieder erheblich heller, als die im Juni 1964 eingetretene, obwohl man sie nicht als „helle“ Finsternis bezeichnen kann. Man könnte sie evtl. in der DANJON-Skala der Stufe 1 zuordnen.

4. Begrenzung des Erdschattens

Von allen Beobachtern wurde die Begrenzung des Erdschattens allgemein als diffus bezeichnet.

5. Schattenaustrittszeiten

Die überwiegende Anzahl der Beobachtungen wurde am 165-mm-Newtonspiegel (N = 58fach) und an einem 63-mm-Refraktor (N = 84fach) durchgeführt. Die von den Beobachtern benutzten Uhren wurden entweder an eine Pendeluhr oder an das Zeitzeichen des Senders Potsdam angeschlossen und mit diesen kontrolliert.

Die beobachteten Schattenaustrittszeiten

		h	m	s			h	m	s
3. Kontakt		21	32	57	Manilius	(Mitte)	22	08	11
Grimaldi	(Mitte)	21	35	54	Menelaus	(Mitte)	22	11	07
Aristarch	(Beginn)	21	42	24	Menelaus	(Ende)	22	11	36
Aristarch	(Ende)	21	43	24	Posidonius	(Beginn)	22	13	34
Gassendi	(Mitte)	21	45	30	Posidonius	(Mitte)	22	14	15
Kepler	(Mitte)	21	46	31	Posidonius	(Ende)	22	14	41
Kap Laplace		21	52	30	Bessel	(Mitte)	22	15	30
Kopernikus	(Mitte)	21	54	02	Theophilus	(Mitte)	22	18	46
Tycho	(Beginn)	21	56	42	Gauß	(Ende)	22	19	06
Plato	(Ende)	21	57	30	Proclus	(Mitte)	22	22	53
Tycho	(Mitte)	21	57	50	Tarantius	(Mitte)	22	24	24
Tycho	(Ende)	21	58	18	Langrenus	(Beginn)	22	28	18
Thebit	(Mitte)	22	02	05	Langrenus	(Ende)	22	29	30
Endoxus	(Ende)	22	07	18	4. Kontakt		22	31	01

DIETMAR BÖHME, 4851 Nessa Nr. 11

Bemerkung der Redaktion

Dieser Bericht konnte gegeben werden aus Ergebnissen einer Zusammenarbeit verschiedener Amateure der DDR und des Auslandes, besonders solcher aus der Schweiz. Erfreulich daran ist, daß die beteiligten Beobachter aus der DDR Jugendliche sind.

Bearbeitet wurden im Bericht (soweit uns namentlich bekannt) die Beobachtungsergebnisse von Dietmar Böhme, 4851 Nessa Nr. 11, mit einem 165/1430-mm-Newtonspiegel; von Georg Elzner, 65 Gera, W.-Flechner-Str. 9, mit einem 63/840-mm-Refraktor der Schulsternwarte Gera; und von Bernd Häbler, 86 Bautzen, J. R.-Becher-Str. 74, mit dem 400-mm-Cassegrainspiegel der Schulsternwarte Bautzen.

Eine weitere Koordinierung von Beobachtungsaufgaben und deren Auswertung innerhalb von Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes und Arbeitsgruppen der Amateure ist beabsichtigt.

Als nächstes sind z. B. geplant:

- Mondbeobachtungen nach einem vorgegebenen Programm,
- Beobachtung des Planetoiden Ceres im Jahre 1972¹⁾.

Interessenten wenden sich entweder direkt an den Verfasser des Berichtes oder an die Redaktion.

Wir möchten das Interesse der Beobachter ferner besonders auf die Bedeckungen des Antares am 1. Mai und 14. September 1972 sowie des Mars am 15. Mai 1972 durch den Mond lenken²⁾.

Die Einsendung von Beobachtungsergebnissen an die Redaktion sollte nach Möglichkeit enthalten:

Name, Vorname und Anschrift des Beobachters (wenn möglich mit geographischen Koordinaten), benutztes Instrumentarium, Zeitangaben und Meßdaten (möglichst mit Fehlergrenzen), besondere Erscheinungen. Auch unbearbeitetes Beobachtungsmaterial wird verwendet. Ebenfalls erwünscht sind künftig Beobachtungsergebnisse über die Erscheinungen der Jupitermonde, besonders die von Verfinsterungen, vor allem vor der Opposition. Verfinsterungsbeobachtungen können auch beim gegenwärtig tiefen Stand Jupiters mit Erfolg ausgeführt werden, da sie weniger durch die Luftunruhe beeinflusst sind.

HEINZ ALBERT

Mondberghöhenmessungen auch an der Schulsternwarte Rodewisch

An der Schulsternwarte Rodewisch wird für fortgeschrittene Astronomiearbeitsgemeinschaften nach weiteren wissenschaftlich interessanten Aufgabenstellungen gesucht. Die vorhandenen Fernrohre und die Zeitanlagen für die optische Satellitenvermessung bieten gute Voraussetzungen an solche Aufgaben heranzugehen, die neben der Festlegung einer Position eine genaue Zeitbestimmung erfordern. Dafür bieten sich z. B. die Beobachtung von Sternbedeckungen und die Vermessung von Mondberghöhen an. Im folgenden wird von den ersten Ergebnissen der Mondberghöhenbestimmung aus Schattenmessungen berichtet.

¹⁾ siehe auch Blasberg, Beobachtungen der Venus-Dichotomie und des GRF auf Jupiter (in diesem Heft).

²⁾ Siehe dazu: AHNERT, Kalender für Sternfreunde 1972, S. 80 – 81.

Die Beobachtungsanleitung und der für die Berechnung notwendige Algorithmus wurden dem „Kalender für Sternfreunde“ von Dr. Paul Ahnert für 1952 entnommen.

Zur Durchführung der erforderlichen Messungen wird jeweils die Zeitanlage, bestehend aus einem Druckchronographen, einer Kleinquarzuhr und einem Vergleichsempfänger, kontrolliert und an ein Zeitzeichen angeschlossen. Danach erfolgt die Orientierung des Fadenkreuzes im Fernrohr in Richtung der täglichen Bewegung der Gestirne. Bei Einstellung des Mondes wird darauf geachtet, daß der Mondberg, seine Schattenspitze und der Terminator nach einer gewissen Zeit durch den senkrechten Teil des Fadenkreuzes wandern. In diesen Momenten wird jeweils manuell der Taster des Chronographen ausgelöst. Von jedem Objekt werden so 15 Durchgänge vermessen.

Nach nochmaligem Anschluß des Chronographen an das Zeitzeichen ermittelt man die Zeitdifferenzen für die Berechnung aus den einzelnen Abdrucken auf dem Zeitstreifen.

Von den 15 durchgeführten Messungen eines Objektes werden nur die zehn besten Wertepaare für die eigentliche Mondberghöhenbestimmung verwendet. Als Epoche der Messungen kann deren mittlere Zeit benutzt werden, da der Zeitraum für die Beobachtung eines Objektes jeweils nur etwa 8 Minuten ausmacht und in dieser Zeitspanne sich die Koordinaten von Mond, Erde und Sonne vernachlässigbar gering ändern.

Höhenmessungen auf dem Mond, wie sie im vorliegenden Beispiel beschrieben wurden, ergeben nur relative Werte, die auf die mittelbare Umgebung der Erhebungen bezogen sind. Da der Mond keine allgemeine Höhenbezugsfläche besitzt, müssen die Höhenangaben in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe und damit von der Schattenlänge schwanken.

Nachfolgend sind aus diesem Grunde neben der Bezeichnung für das vermessene Objekt und seiner ermittelten Höhe das Mondalter und die Sonnenhöhe für den Berggipfel zur Epoche der Vermessungen angegeben.

Objekt	Mondalter	Sonnenhöhe	Berghöhe
Mt. Blanc	74933	6° 19'	3959 m
Pico	84916	3° 28'	2648 m
Dom nördl. Krater Archimedes	74910	3° 08'	1344 m

Nach einer Abschätzung beträgt der maximale Fehler der Höhenwerte etwa 10%.

Vergleicht man die Resultate mit den Angaben in der zur Verfügung stehenden Literatur (Mondkarte von Lohrmann, von Dr. P. Ahnert 1963 neu herausgegeben), so findet man eine recht gute Übereinstimmung. Nach Lohrmann betragen die höchsten Gipfel der Mondalpen 4000 m. Für den Berg Pico sind Höhenwerte von 2405 m bei einer Sonnenhöhe von 3° 31' gefunden worden. Leider war die Suche nach Angaben über den Dom nördlich des Kraters Archimedes erfolglos.

Auf Grund unserer jahrelangen Arbeit mit Schülerarbeitsgemeinschaften und der gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse können wir sagen, daß die Höhenbestimmung von Mondbergen für fortgeschrittene Fachgruppen und Arbeitsgemeinschaften nach einer gewissen theoretischen Ausbildung sicher eine interessante und wissenschaftlich wie pädagogisch wertvolle Aufgabenstellung ist.

DIETHARD RUHNOW

Mondfinsternis 1971 August 06

Beobachtung von Schattenaustritten
(Zeit in MEZ)

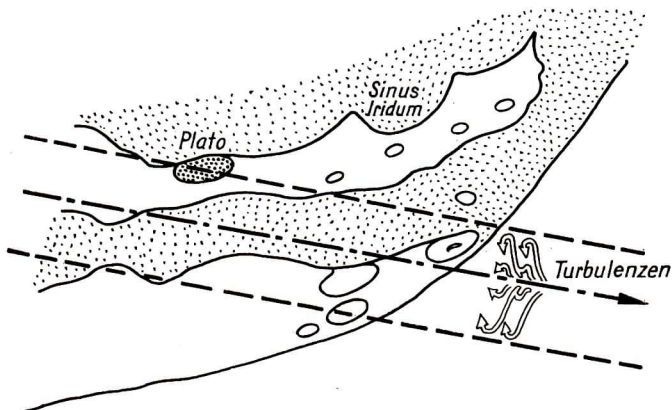
Objekt	Beobachter									
	Franze/Mohr Zittau			Schöbel Hirschfelde			Blasberg/Seliger Dresden			Mittel
3. Kontakt	21 ^h	33 ^m	35 ^s							
Grimaldi		35	53							
Aristarch		43	03	21 ^h	44 ^m	00 ^s	21 ^h	43 ^m	00 ^s	21 ^h 43 ^m 21 ^s
Billy								43	00	
Kap Heraklid		49	18 ?		50	00		48	40	49 19
Campanus								50	50	
Kap Laplace		52	38					51	45	52 12
Pytheas								54	00	
Kopernikus		55	00 ?		55	00		54	35	54 51
Plato		57	00		58	00		56	55	57 18
Tycho		57	40		58	00		57	41	57 47
Manilius	22	08	50	22	09	00	22	08	25	22 08 45
Vitruvius		18	00					[11 10] ?		
Censorinus		20	00					19	50	19 55
Proclus		23	12					23	30	23 21
Goclenius		23	30					24	25	23 58
Langrenus		28	35		28	00		28	50	28 42
4. Kontakt		31	38					35	53	

Benutzte Instrumente: Franze/Mohr, Zittau, Newton 70/700 V = 70×; Schöbel, Hirschfelde, Newton 130/; Blasberg/Seliger, Dresden, Refr. 250/3750 V = 60×.

HANS-JOACHIM BLASBERG
8053 Dresden, Tolckewitz Straße 44

Meteorerscheinung vor der Mondscheibe

Als ich am 1971 August 04 den Mond mit meinem Cassegrain-Spiegel 150/900/2250 bei 140facher Vergrößerung (Orthosk. Okular $f = 16$ mm) beobachtete, erschien um 21^h 19^m MEZ vor dem Nordpolgebiet des Mondes (Umgebung von Plato und Sinus Iridum) für Bruchteile einer Sekunde ein leuchtender Streifen von etwa einem Drittel der Breite des Kraters Plato, der von weißer bis gelblicher Farbe war. Er löste sich rasch auf und leuchtete nach, bis er etwa die Breite der kleineren Ausdehnung Platos erreicht hatte. Die eigentliche Erscheinung war heller als die Mondoberfläche gewesen. Nachdem der Streifen transparent geworden war, waren ausgeprägte Luftturbulenzen, etwa wie hinter einem fahrenden Auto auf einer staubigen Straße, sichtbar. Die markantesten von ihnen sind aus der Zeichnung zu ershen. Allerdings waren die Turbulenzen noch vielgestaltiger und auf die ganze Länge verteilt. Besonders auffällig waren die großen Bögen, die klein entstanden, sich erst bogenförmig wölbten und dann vom Zentrum entfernten. Danach löste sich die Erscheinung ganz auf; sie hatte etwa 2–3 Sekunden gedauert. Da die eigentliche Erscheinung trotz des Mondhintergrundes etwas blendete, konnte die genaue Bahn nicht sehr präzise erfaßt werden. Die wahrscheinlichste Bahn und die Grenzen der möglichen Bahnen wurden in die Zeichnung eingetragen. Dort sind ebenfalls die Größenverhältnisse ersichtlich. Beobachtungsort war Hirschsprung im Osterzgebirge. Die Beobachtung erfolgte bei sehr guter Durchsichtigkeit der Luft und mäßigen seeing.



Meteorerscheinung vor der Mondscheibe 1971 August 04 21^h 19^m MEZ

— — — Grenzen der möglichen Bahn und gleichzeitig Grenzen der aufgetretenen Luftturbulenzen zur wahrscheinlichsten Bahn.

— — — — — wahrscheinlichste Bahn.

Beobachtet mit Cassegrain 150/900/2250 + 16 mm orthosk. Okular mit 140facher Vergrößerung.

Beobachter: J. Mosch, 825 Meißen, Gartenstraße 16.

Die Beobachtung der visuellen Venusdichotomie

Aus früheren Veröffentlichungen von Dr. Ahnert*) sowie dem Aufsatz von Edith Zschau in „Astronomie und Raumfahrt“ 1971/Heft 3 ist zu ershen, wie interessant und nützlich das Beobachten der visuellen Venusdichotomie ist. Da die nächste Venusdichotomie im April 1972 sehr günstige Bedingungen zur Beobachtung bietet (hoher Stand des Planeten über dem Horizont, angenehme Jahreszeit), soll zur gemeinsamen Beobachtung dieses Ereignisses aufgerufen werden.

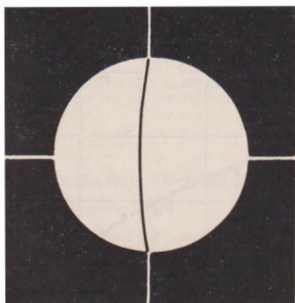
Es gilt den Zeitpunkt zu bestimmen, zu dem die Venus dem Beobachter als Halbvenus, also mit dem Phasenwinkel 90 Grad erscheint. Dieser Zeitpunkt der visuellen Dichotomie ist bekanntlich mehr oder weniger viel von der wahren, geometrischen Dichotomie verschieden. Man beobachtet etwa ein bis zwei Monate vor bis ein bis zwei Monate nach der Dichotomie und bestimmt am Fernrohr so genau als möglich die Venusphase.

Zeichnen und Vermessen der Venusphase

In eine vorbereitete Kreisvorlage mit einem Durchmesser nicht kleiner als 30 mm zeichnet man möglichst genau die beobachtete Phasenlage ein (Abb. 1).

*) In: „Die Sterne“, 1968, 1/2, und 1969, 11/12

Dat.: a 1969 m Juli d 18 MEZ: 06^h 05^m
 Zentr. Mer.:



Beob.: Blasberg Instr.: 150 V: 250 × 10 mm
 Luft: gut

Abb. 1 oben



Abb. 4, rechts: Rechenverfahren zur Ermittlung der visuellen Venusdichotomie.

C = Centrum
 A = Mitte des beleuchteten Außenrandes
 P_S = südlicher Beleuchtungspol
 P_N = nördlicher Beleuchtungspol
 $A - C = r = P_{S(N)} - C$ = Venushalbmesser
 T = Mitte des Terminators
 $C - T = q \cong \angle i'$

$$\sin i' = \frac{q}{r}$$

$i_{\text{beo}} = 90^\circ + i'$ bei sichelförmiger Venus

$i_{\text{heo}} = 90^\circ - i'$ bei erhabener Venus

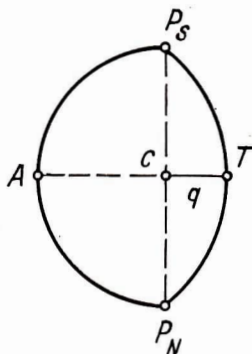
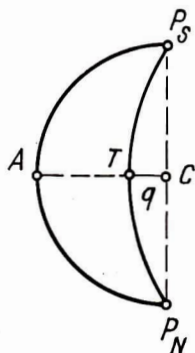


Abb. 2:
 Hilfslinial zum Auswerten des Phasenwinkels.

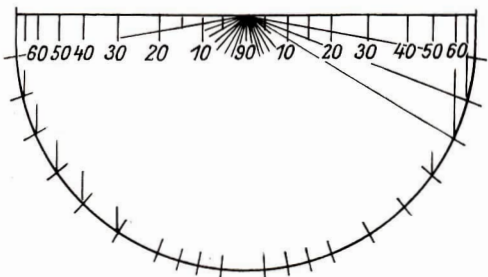
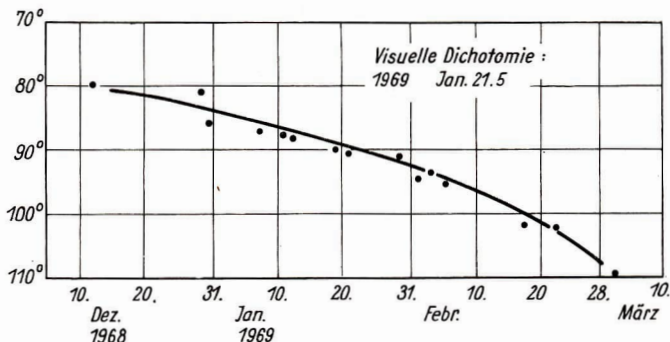


Abb. 3: Graphisches Verfahren zur Ermittlung der visuellen Venusdichotomie.



Es ist zweckmäßig, am Rand der Vorlage Hilfslinien für den Äquator- und Poldurchmesser anzubringen, um die spätere Auswertung zu gewährleisten, ist es wichtig, stets gleichgroße Zeichenvorlagen zu verwenden. Man schneidet sich aus Karton eine entsprechend große Kreisschablone aus, und zeichnet damit alle Kreisvorlagen einheitlich. Vom Verfasser können auch gedruckte Vorlagen angefordert werden (4 Vorlagen 10 Pfennig). Jede Beobachtung soll folgende Angaben haben: Datum, Uhrzeit, Instrument, Vergrößerung und Luftzustand.

Aus den angefertigten Zeichnungen ist nun der Phasenwinkel zu bestimmen. Dazu stellt man sich aus Zelluloid oder dünnem Plexiglas ein Hilfsmittel nach Abb. 2 her. Die Länge des Lineals ist genau gleich dem Durchmesser der Zeichnung. Man legt das Lineal am Äquator der Phasenzeichnung an und liest den Winkel des beleuchteten Teiles ab. Es ist üblich, der „Vollvenus“ den Phasenwinkel $i = 0$ Grad und der „Neuvenus“ den Phasenwinkel $i = 180$ Grad zuzuordnen. Die aus den Zeichnungen ausgemessenen Phasenwinkel trägt man zeitabhängig in ein Diagramm ein (Abb. 3) und verbindet die Punkte zu einer glatt durchlaufenden Kurve. Den Zeitpunkt für die beobachtete Dichotomie liest man bei $i = 90$ Grad ab. Der Phasenwinkel läßt sich aus den Zeichnungen noch anders bestimmen. Möglichst genau, am besten mit einer Schiebellehre mißt man am Äquator der Zeichnung jeweils das Stück zwischen Polverbindungsline und gezeichnetem Terminator

(q). Der zu diesem Stück zugehörige Winkel i' ist nach der Rechnung $\frac{q}{r} = \sin i'$ aus einer Tafel zu entnehmen. Der endgültige Phasenwinkel ist dann bei sichelförmiger Venus $i = 90 + i'$, bei erhabener Venus $i = 90 - i'$.

Schätzen der Phasenlage

Zur Ermittlung der Phasenlage und zur Bestimmung des Phasenwinkels empfiehlt Dr. Ahnert (Sternwarte Sonneberg) ein Verfahren, bei dem kein Zeichnen der Phase notwendig ist. Man versucht, das Verhältnis des beleuchteten Teiles des Venushalbmessers zum unbeleuchteten Teil oder zum Gesamtvenushalbmesser am Äquator zu schätzen. Das Verfahren soll nach Abb. 4, S. 49, erläutert werden. Das Verhältnis des beleuchteten Teiles A - T zum unbeleuchteten Teil q beträgt in der Abb. etwa 2,5 : 1 oder 5 : 2. $A - C = r$ ergibt in diesem Fall 7. Den zum Teilstück q zugehörigen Winkel i' errechnet man

$$\text{aus } \sin i' = \frac{q}{r} = \frac{2}{7} = 0,286,$$

Aus einer Tafel der Winkelfunktionen entnimmt man dafür den Winkel $i' = 16,6$ Grad. Als beobachteter Phasenwinkel ergibt sich dann $i_{\text{beo}} = 90 + 16,6 = 106,6$ Grad. In der Abb. schätzt man A - C : q oder P_q : q. Man erhält 2,3 : 1 oder besser 7 : 3.

$$\sin i' = \frac{q}{r} = \frac{3}{7} = 0,429$$

aus der Tafel $i' = 25,5$ Grad

und der beobachtete Phasenwinkel beträgt in diesem Fall

$$i_{\text{beo}} = 90 - 25,5 = 64,5 \text{ Grad.}$$

Die so ermittelten Phasenwinkel werden wieder zeitabhängig in ein Diagramm eingetragen und der Zeitpunkt für $i = 90$ Grad abgelesen.

Neben diesem graphischen Verfahren gibt Dr. Ahnert noch ein Rechenverfahren für das Bestimmen der visuellen Dichotomie an. Es berücksichtigt besser die Beobachtungsstreuung um die Zeit der Dichotomie, auf die es ja nur ankommt.

Für die Phasen zwischen etwa 80 Grad und 100 Grad rechnet man die Differenz „beobachtete Phase“ minus „wahre Phase“

$$i_{\text{beo}} - i_{\text{wah}}$$

und bildet den Mittelwert davon. Die wahren Phasenwinkel entnimmt man dem Jahrbuch (Kalender für Sternfreunde).

Der Mittelwert entspricht dem Phasenwinkel, um den der Beobachter die Phase „falsch“ erkannt hat. Aus dem Jahrbuch ersieht man die mittlere tägliche Änderung der Venusphase Δi_{wah} während der 10 Tage um die wahre Dichotomie herum.

Der Zeitunterschied, ausgedrückt in Tagen, zwischen der beobachteten und der wahren Dichotomie ergibt sich dann aus

$$\frac{\text{Mittelwert } i_{\text{beo}} - i_{\text{wah}}}{\Delta i_{\text{wah}}}$$

Der Wert ist unter Beachtung seines Vorzeichens zum Zeitpunkt der wahren Dichotomie zu addieren und man erhält den Zeitpunkt der beobachteten Dichotomie.

Da die Beobachtung nicht schwierig ist, werden alle beobachtenden Fachgruppenmitglieder, Sternfreunde und Schulsternwarten aufgerufen, sich an der Beobachtung der kommenden Venusdichotomie zu beteiligen. Dafür sind alle Instrumente ab 63 mm Öffnung geeignet. Es soll möglichst unter stets gleichen Bedingungen beobachtet werden: am Tage bei gleicher Horizonthöhe, ohne Instrumentenwechsel und durch den gleichen Beobachter.

Zur gemeinsamen Auswertung bitten wir, Beobachtungsergebnisse bis 15. August 1972 an den Verfasser einzusenden. Die Meldungen sollen enthalten:

Name, Ort, Instrument, Vergrößerung, und in Tabellenform: Datum, Uhrzeit (MEZ), beobachteter Phasenwinkel, sowie den gefundenen Zeitpunkt der visuellen Dichotomie.

HANS-JOACHIM BLASBERG

8053 Dresden, Tolkewitzer Straße 44

Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1971

Beobachtungsergebnisse

Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter war 1971 trotz der geringen Horizonthöhe des Planeten ein so auffälliges und kontrastreiches Gebilde, daß er bereits mit Fernrohren ab 50 mm Öffnung beobachtet werden konnte. Auch die rötliche Färbung war, besonders in größeren Geräten, deutlich zu erkennen. Beim Beobachten mit Grünfilter erschien der Fleck besonders kontrastreich.

Während des Planetenseminars des Zentralen Fachausschusses Astronomie im Mai in Dresden war zur Beobachtung und Positionsbestimmung des GRF aufgefordert worden. Es haben sich 10 Fachgruppenmitglieder an der Beobachtung beteiligt und Beobachtungsergebnisse eingesandt. In Tabelle 1 folgen die von den einzelnen Mitgliedern ermittelten Positionen. Jeder Beobachter hat damit die Möglichkeit, seine Werte mit denen anderer zu vergleichen. Dabei ist zu bedenken, daß eine Abweichung in der Zeitbestimmung von einer Minute für den Zentralmeridiandurchgang einer Änderung der Längenangabe von 0,6 Grad entspricht. Solche Abweichungen von ± 1 Minute sind aber ganz natürlich durch die unterschiedliche Beobachterauffassung bedingt. Das bedeutet, daß alle Ergebnisse, die sich nicht viel mehr als 1 Grad unterscheiden, gut übereinstimmen. Die Positionsbestimmungen der langjährigen erfahrenen Beobachter Seliger und Blasberg in Dresden dürfen als die zuverlässigsten gewertet werden.

Aus den Positionen je Beobachtungstag wurden Mittel gebildet, wobei extrem abweichende Werte unberücksichtigt blieben. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abb. 1 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß der Fleck von Ende Mai bis Anfang Juli in seiner Position um etwa 2,5 Grad schwankte.

Die Mittelwerte der Positionen für den gesamten Beobachtungszeitraum (Tabelle 2) stimmen für alle Beobachter, die mit 10 oder mehr Beobachtungen beteiligt sind, ebenfalls gut überein. Es bestätigte sich wieder, daß die Positionsbestimmungen beim Zentralmeridiandurchgang des GRF die geringsten Streuungen aufweisen. Alle anderen Beobachtungsverfahren sind merkbar ungenauer.

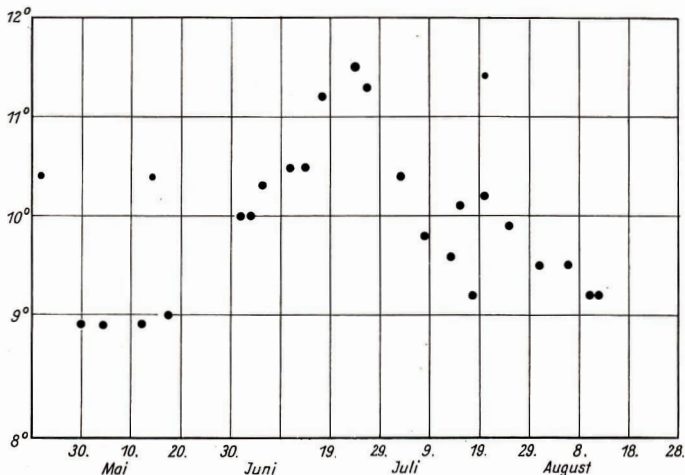


Abb. 1: Positionen des GRF 1971 (System II).

Tabelle 2: Mittlere Positionen des GRF 1971

Beobachter	Zeitraum	Anzahl der Beobachtungen	Mittelwert/Grad
Seliger, Dresden	April–August	23	10,1
Blasberg, Dresden	April–August	18	9,5
Schöbel, Hirschfelde	April–August	13	9,4
Zill, Schneeberg	Juni–August	11	9,8
Dietrich, Radebenl	Mai–August	9	10,3
Mosch, Meissen	Juni–August	13	10,7

Tabelle 1: Positionsbestimmungen des GRF 1971

1971	Se	Bl	Bau	Fra	Schö	Mo	Vo	Zill	Diet	Böh
Jan. 30		18°								
April 20		9,6								
22	11°,1	10,8								
30		8,9								
Mai 04		8,9								
09	7,7									
12	8,9									
14		10,4			10°,1				10°,6	
16		9,0							13,7	
26			4°,0	4°,6						
Juni 02	8,2	8,7			13,2			10°,1		
05	9,3		9,3		12,3					
11			7,6							
14	9,4	10,6		7,6	12,4				9,5	
17	10,5	10,8	12,1					11,1	11,7	
21	10,6									
24	12,8					11°,6	10°,3	10,4		
26	13,2	10,8		7,8	11,4	9,9				
Juli 01	12,6									
03	12,3	10,5			7,5	11,7			9,9	
06	8,2				9,6	9,4	7,6	9,4		
08	10,4	9,5		9,2						10°,8
13	11,4	8,7			(1)8,6	11,4	8,3	9,4		
15	9,3					11,7		9,4		
18	9,3	9,3				10,5	9,3		6,9	
20	10,2					12,0			12,0	
23	10,2									
25	9,1				6,7	10,3		9,3		11,1
30	10,4	9,6			(1)8,6	12,6		9,4		
Aug. 01	9,4					9,7				
04	9,2									
06		9,9		5,1			9,3	9,0	9,9	
11							8,6	9,9		
12		9,8						9,8		12,4
16					5,0					
18					7,9				8,5	
28						8,6				

Beobachter: Se = Seliger, Dresden, Refr. 80/1200; – Bl = Blasberg, Dresden, Cassegrain 200/3000; – Bau = Baumann, Zittau, Cassegrain 400/6000; – Fra = Franze, Zittau, Newton 70/700; – Schö = Schöbel, Hirschfelde, Newton 130; – Mo = Mosch, Meißen, Refr. 50/540, Cassegrain 150/2250; – Vo = Voigt, Coswig bei Dresden, Refr. 63/840; – Zill = Zill, Schneeberg; – Diet = Dietrich, Radeheul, Refr. 165; – Böh = Böhme, Nessa, Newton 165/.

Diese hier mitgeteilten Ergebnisse sollten weitere Interessenten ermutigen, sich an dieser reizvollen Beobachtung zu beteiligen. Die Anleitung dafür wurde in Heft 3/1971 dieser Zeitschrift gegeben. Das Verhalten des GRF auf Jupiter, seine Positionsänderungen und die unterschiedliche Intensität werden stets von Interesse sein. Obwohl die Beobachtungsbedingungen in den nächsten Jahren wegen der tiefen Deklination von Jupiter ungünstig sind, sollten alle Gelegenheiten genutzt werden, die Erscheinungen am GRF weiter zu verfolgen.

HANS JOACHIM BLASBERG

Erfahrungen bei Jupiterbeobachtungen

Während der Beobachtungsperiode 1971 für Jupiter konnten einige interessante Beobachtungen gemacht werden. Verfolgt wurden die Vorgänge auf der Jupiteroberfläche mit dem 170-mm-Refraktor der Privatsternwarte „Martin Dietrich“. Aufgabe war die Bestimmung der Position des GRF. Schon zu Anfang der Beobachtungsreihe wurde festgestellt, daß das

Erfassen der Durchgänge des GRF durch den Zentralmeridian ohne Fadenkreuz leichter und sicherer geschehen konnte. Der feine Faden des Fadenkreuzokulares (16-mm-Zeiss-Fadenkreuzokular) erwies sich dabei sogar als störend. Die Position des Fleckes konnte während der Beobachtungszeit von mir zu 10', 3 jovanischer Länge ermittelt werden.

Bei der Positionsbestimmung des GRF versuchte ich, den Fleck über die ganze Planetenscheibe zu verfolgen. Dabei machte ich die Erfahrung, daß der Fleck immer etwa 50...60 Minuten später als erwartet erschien und mit der gleichen Zeitdifferenz früher verschwand.

Das Auftauchen und Verschwinden geschah dabei immer in etwa 30° Abstand vom Planetenrand. Der Fleck erschien als feine schmale Sichel, wuchs mit dem Überqueren der Planetenscheibe zu der bekannten ovalen Form, um in der Nähe des Westrandes der Planetenscheibe wieder zu einer Sichel zu schrumpfen. Es ist dies das analoge Erscheinungsbild, das wir von den Sonnenflecken her kennen.

Daß der Fleck erst 50 Minuten später erkennbar wird, als die Rechnung zeigt, hängt mit der Rotation des Planeten zusammen. Im System II (Gegenden nördlich und südlich der hellen Äquatorzone) ergeben sich dadurch Änderungen des Zentralmeridians von 6°/10^m bzw. 30°/50^m, wie im „Kalender für Sternfreunde“ von Paul Ahnert nachzulesen ist. Diese Beobachtungserfahrung sollte hier für alle diejenigen mitgeteilt werden, die sich erstmals an die Beobachtung des GRF und deren Auswertung wagen.

Die weiteren Beobachtungen wurden nun auf diese Erscheinungszeiten ausgerichtet. Erschwerend war dabei der tiefe Stand des Planeten für die Erfassung der feinen Sichel des GRF. Zum Abschluß der Beobachtungsperiode wurden die Zeiten zu einem Sichtbarkeitsdiagramm zusammengefaßt.

MARTIN DIETRICH Jun., Radebul

Aus der Literatur

Dritte Zusammenkunft von Raumfahrtexperten der UdSSR und der USA

In Moskau fand unlängst die dritte Zusammenkunft von Raumfahrtexperten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der Nationalen Luft- und Raumfahrtbehörde der USA (NASA) statt. Die Wissenschaftler beschäftigten sich mit der Schaffung gemeinsamer Mittel zur Annäherung und Kopplung von bemannten Raumschiffen und Stationen.

Während der Zusammenkunft wurden Fortschritte sowohl bei der Ausarbeitung abgestimmter technischer Forderungen an gemeinsame Annäherungs- und Kopplungssysteme für künftige Raumschiffe und Stationen erzielt als auch bei der Planung möglicher gemeinsamer Experimente.

Die Leiter der Delegationen waren auf sowjetischer Seite B. N. Petrow, Vorsitzender des Forschungsrates „Interkosmos“ bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, und auf amerikanischer Seite Doktor R. Gilruth, Direktor des Zentrums für bemannte Raumflüge bei der NASA.

Nach „Iswestija“ vom 9. 12. 1971

Informationsübermittlung aus dem Kosmos

In die automatischen Raumflugkörper werden Funksysteme zur Übermittlung von Informationen an die Erde eingebaut. Dabei ergeben sich einige Probleme, die für die verschiedenen Klassen der Raumflugkörper unterschiedlich sind.

Die Sendeanlagen an Bord und die Empfangsanlagen auf der Erde gestatten es, entsprechend ihren technischen Daten faktisch beliebig große Informationsflüsse von künstlichen Erdsatelliten zu übermitteln bzw. zu empfangen. Da es ungünstig ist, diese Informationen gleichzeitig von allen auf der Umlaufbahn befindlichen Satelliten zu empfangen und nur gesendet werden kann, wenn die Satelliten in den Funkbereich gelangen, werden die Angaben gewöhnlich in einem Speicher an Bord gesammelt und in bestimmten Zeitabständen zur Erde übermittelt. Je mehr Experimente mit dem Satelliten angestellt werden und je komplizierter diese sind, desto größer muß das Fassungsvermögen des Speichers sein.

Anders sehen die Probleme der Informationsübermittlung von Mondstationen und von interplanetaren Stationen aus. Die Leistung der Funksignale nimmt umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung ab, und die Signale lassen sich auf dem Hintergrund des kosmischen Rauschens, des Wärmearauschens der Antenne usw. immer schwerer ausmachen. Träfe man keine besonderen Maßnahmen, so würden die Informationen vom Mond nicht als „Strom“, sondern als „Bächlein“ fließen, und von einer Umlaufbahn um den Mars würden sie lediglich „herabtröpfeln“. Doch auf den Mondstationen und den interplanetaren Stationen befinden sich komplizierte Geräte, denn es kommt sehr darauf an, alle Angaben zu erhalten.

Diese Probleme werden teilweise durch eine Vervollkommnung der an Bord befindlichen Speicher und die Entwicklung von Spezialsendern gelöst. Ein besonders für diesen Zweck aufgebautes Zentrum für kosmische Fernfunkverbindungen empfängt Informationen über große Entfernungen. Doch je weiter die Raumstationen in die Tiefe des Sonnensystems vordringen, desto größer wird der Informationsfluß, der auf die Erde gelangt. Unter diesen Bedingungen kommt es nicht nur darauf an, wie gesendet wird, sondern auch was gesendet wird.

Wenn Versuche unter gewöhnlichen „irdischen“ Bedingungen angestellt werden, braucht man die von den Meßgeräten angezeigten Werte nur zu gewissen Zeiten registrieren, dann nämlich, wenn sie von bestimmtem Interesse sind und die benötigte Information liefern. Dadurch kann der Forscher Kraft sparen, und die anschließende Analyse und Bearbeitung der Werte wird vereinfacht.

Für Experimente im Weltraum entwickeln die Wissenschaftler Geräte, legen den Bestand an wissenschaftlichen Geräten und deren Arbeitsweise fest, während die Registrierung der Ergebnisse an Bord des Raumflugkörpers automatisch erfolgt. Das einfachste Verfahren besteht darin, eine ausreichend häufige, in bestimmten Zeitabständen erfolgende Aufzeichnung der von allen Geräten angezeigten Werte zu programmieren. Wie jedoch bereits erwähnt, ist ein großer Teil der Angaben nicht von Interesse, die dessenungeachtet in den Bordspeicher eingegeben, auf die Erde übermittelt, auf Tonband aufgezeichnet und mit Rechenmaschinen bearbeitet werden. Diese unnötige Arbeit rührt daher, daß der Forscher durch einen einfachen Automaten ersetzt wurde.

Fortsetzung 3. Umschlagseite

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pfaffe

Der „Internationale Fernmeldeverein“

International Telecommunication Union (ITU) — Union Internationale des Télécommunications (UIT)

fördert die Erforschung des Weltraums

Dr. HARRY FELLHAUER-STELZNER

1. Studium der Weltraumfragen durch die ITU im Rahmen ihrer Organisationsstruktur

a) Allgemeines

Innerhalb der ITU hat die Entwicklung der Weltraumtechnologie zu keinen neuen Aktivitäten für die Schaffung besonderer Strukturen geführt. Im Gegenteil! Soweit es sich um Fragen der Telekommunikation handelt, steht zwar die Weltraumtechnologie vor einem neuen Gebiet, dessen Probleme können aber ungeachtet der Tatsache, daß dieses Gebiet ein ungeheueres Potential verkörpert, im Rahmen der gegebenen ITU-Strukturen studiert und gelöst werden. Man muß hervorheben, daß praktisch alle konstituierten Elemente der ITU sich mit Weltraumfragen befassen müssen, genauso wie sie sich mit den anderen Mitteln der Telekommunikation beschäftigen.

b) Ziele und Aktivitäten der ITU

Es sei an dieser Stelle an einige allgemeine Fakten über die ITU erinnert, um deren Rolle auf dem Gebiete der Weltraumtelekommunikation zu klären.

(i) Das grundlegende Dokument für die Tätigkeit der ITU ist der „Internationale Fernmeldevertrag (International Telecommunication Convention)“, dessen neueste Fassung, die im November 1965 in Montreux unterzeichnet worden ist, am 1. Januar 1967 in Kraft trat. Dem Vertrag sind die Bestimmungen als Anlage beigelegt, die die internationale Benutzung der Fernmeldeeinrichtungen (Funkwesen, Telegrafie, Telefonie) regeln.

(ii) Die Ziele der ITU, wie sie im Internationalen Fernmeldevertrag formuliert sind, bestehen in folgendem:

die internationale Kooperation zur Verbesserung und rationellen Verwendung aller Arten von Fernmeldeeinrichtungen zu sichern und auszudehnen;
die Entwicklung der technischen Mittel und deren wirksamste Ausnutzung mit dem Ziel zu fördern, die Effektivität der Fernmeldedienste und ihre Anwendung zu verbessern sowie ihre Benutzung durch die Öffentlichkeit soweit als möglich zu verallgemeinern;
die Aktionen der Staaten zur Erreichung dieser gemeinsamen Ziele in Einklang zu bringen.

c) Aktivitäten der ITU

Zur Verwirklichung ihrer Ziele wird die ITU insbesondere

(1) die Funkfrequenzbereiche zuweisen und die Frequenzuteilungen so registrieren, daß Störungen zwischen den Funkstellen der verschiedenen Länder vermieden werden;

- (2) die Bemühungen zur Beseitigung von Störungen zwischen den Funkstellen der verschiedenen Länder angleichen und die Ausnutzung der Frequenzbereiche verbessern;
- (3) die Zusammenarbeit zwischen den Ordentlichen und Außerordentlichen Mitgliedern zur Festsetzung von Gebührensätzen auf möglichst niedrigen Ebenen fördern, die mit einem Dienst von guter Beschaffenheit und einem gesunden und unabhängigen Finanzgebaren im Fernmeldewesen vereinbar sind;
- (4) die Schaffung, Entwicklung und Vervollkommen der Fernmeldeanlagen und -netze in den neuen oder den Entwicklungsländern durch alle ihr zur Verfügung stehenden Mittel, insbesondere durch ihre Beteiligung an den entsprechenden Programmen der Vereinten Nationen, fördern;
- (5) die Billigung von Maßnahmen veranlassen, die gestatten, die Sicherheit des menschlichen Lebens durch die Zusammenarbeit der Fernmeldedienste zu gewährleisten;
- (6) zum Nutzen aller Ordentlichen und Außerordentlichen Mitglieder Untersuchungen vornehmen, Regelungen treffen, Entschlüsse annehmen, Empfehlungen und Wünsche abfassen sowie Nachrichten über das Fernmeldewesen sammeln und veröffentlichen.

d) Aufbau der ITU

Das oberste Organ der ITU ist die Regierungsbevollmächtigtenkonferenz. Sie wird alle 5 bis 6 Jahre einmal abgehalten. Die Konferenz legt die allgemeinen Grundsätze fest, die die ITU befolgen soll, um die Ziele des Internationalen Fernmeldevertrages zu erreichen, und sie revidiert den Internationalen Fernmeldevertrag, wenn sie es für erforderlich erachtet.

In der Zeit zwischen den Regierungsbevollmächtigtenkonferenzen tagt jährlich der aus 29 Ordentlichen Mitgliedern der ITU bestehende Verwaltungsrat. Der Verwaltungsrat ist beauftragt, alle Maßnahmen zu treffen, um die Ausführung der Bestimmungen des Vertrages, der Vollzugsordnungen, der Beschlüsse der Regierungsbevollmächtigtenkonferenz und gegebenenfalls der Beschlüsse der übrigen Konferenzen und Zusammenkünfte des Vereins durch die Ordentlichen und Außerordentlichen Mitglieder zu erleichtern. Der Generalsekretär ist dem Verwaltungsrat für die gesamten Verwaltungs- und Finanztätigkeiten des Vereins verantwortlich.

Die Vollzugsordnungen, die dem Vertrag als Anlagen beigelegt sind, werden durch die Weltverwaltungskonferenzen überprüft. Die Tagesordnung einer solchen Konferenz kann die vollständige Revision einer besonderen Gruppe von Vollzugsordnungen oder eine partielle Revision, d. h. die Revision solcher Bestimmungen, die sich auf einen spezifischen Dienst beziehen, umfassen.

Eine Weltverwaltungskonferenz wird einberufen

- auf Beschluß einer Regierungsbevollmächtigtenkonferenz, wenn diese die Konferenz für notwendig erachtet;
- auf Empfehlung einer vorangegangenen Weltverwaltungskonferenz;
- auf Antrag von mindestens einem Viertel der Mitglieder der ITU;
- auf Vorschlag des Verwaltungsrates.

Die Verwaltungskonferenz hat zwischenstaatlichen Charakter; ihre Aufgabe besteht in den meisten Fällen darin, Regelungen zu Fragen des Fernmeldewesens zu treffen, die international Verbindlichkeit besitzen.

Die vier ständigen Organe der ITU sind:

- das Generalsekretariat
- der Internationale Ausschuß für Frequenzregistrierung (IFRB — International Frequency Registration Board)
- der Internationale Beratende Ausschuß für den Funkdienst (CCIR — International Radio Consultative Committee)
- der Internationale Beratende Ausschuß für den Telegraf- und Fernsprechkdienst (CCITT — International Telegraph and Telephone Consultative Committee).

Die Rolle dieser ständigen Organe wird in diesem Bericht später detaillierter beschrieben.

2. Beschreibung der ITU-Aktivitäten auf dem Gebiet der Weltraumtelekommunikation

a) Einführung

Die Eroberung des Weltraums würde ohne technologisch fortgeschrittene Telekommunikationsmittel unmöglich sein. Nicht nur, weil der Funk über die weiten Strecken zwischen der Erde und den Weltraumfahrzeugen und Satelliten die einzige Verbindung ist, sondern auch, weil die große Teile der Erde überziehenden Telekommunikationsnetzwerke notwendig sind für die Lenkung und Verfolgung der Weltraumfahrzeuge.

Entsprechend den Festlegungen der 1947 in Lake Success unterzeichneten Vereinbarung haben die Vereinten Nationen den Internationalen Fernmeldeverein (die ITU) als eine Spezialorganisation anerkannt, die berechtigt ist, entsprechend den in ihrem Grundsatzstatut, dem Internationalen Fernmeldevertrag, festgelegten Zielen und Zwecken wirksam zu werden und entsprechende Aktivitäten zu entwickeln und zu fördern.

Der Fernmeldeverkehr (Telekommunikation), der im Anhang zu dem Internationalen Fernmeldevertrag wie folgt definiert wird — „jede Übermittlung, Aussendung oder jeder Empfang von Zeichen, Signalen, Schriftzeichen, Bildern, Tönen oder Nachrichten jeder Art durch Draht, Funk, optische oder andere elektromagnetische Systeme“ — ist nicht auf die Fernmeldedienste der Erde beschränkt. Mit seinen vielen Formen ist der Fernmeldeverkehr in den Satellitenfernmeldeverkehr, in die Operationen aller Arten von Weltraumfahrzeugen und in die Erforschung und das Studium der Himmelskörper einbezogen. Die ITU ist deshalb im Rahmen ihrer Aktivitäten für die technischen Aspekte und die internationalen Regulierungen der Weltraumtelekommunikation voll verantwortlich.

Entsprechend den ihr übertragenen Verantwortlichkeiten hat sich die ITU seit 1959 mit der Weltraum-Funkkommunikation beschäftigt.

Auf der IX. Plenartagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für den Funkdienst (CCIR), die 1959 in Los Angeles abgehalten wurde, ist eine spezielle Studiengruppe (Studiengruppe IV) zum Studium der Fernmeldeverkehrsprobleme, die sich aus dem Einsatz von Weltraumfahrzeugen ergeben, gebildet worden. Die Funkweltverwaltungs-konferenz, die im selben Jahre in Genf abgehalten wurde, nahm die ersten Frequenzzuweisungen für die Weltraumfunkdienste vor und legte die Bedingungen für die Tätigkeit dieser Dienste fest.

Es erscheint nützlich, darauf hinzuweisen, daß die verschiedenartigen Anwendungen der Telekommunikation auf den Weltraum (mit anderen Worten: die beiden Aspekte, die von Bedeutung für die ITU sind) in zwei völlig unterschiedliche Kategorien fallen:

- Anwendungsformen, bei denen der Funk das einzig mögliche Mittel zur Übermittlung von Informationen jeglicher Art zwischen dem Satelliten und der Erde oder umgekehrt und wenn notwendig auch zwischen Satelliten ist. In diese Kategorie gehören solche Anwendungsformen wie die Fernsteuerung (telecommand) von Satelliten, die Funknavigation und die Rückübermittlung von Bildern von einem meteorologischen Satelliten oder von Beobachtungsdaten von einem Planeten oder von materiellen Ressourcen der Erde. Bei all diesen Anwendungsformen kann die Weltraumfunkkommunikation nicht durch eine Kommunikation anderer Art ersetzt werden. Tatsächlich unterstützt in diesen Fällen die Funkkommunikation die Satelliten;
- Anwendungsformen, bei denen der Satellit den „höchsten Punkt“ in einer Telekommunikationsverbindung zwischen Punkten auf der Erde (feste oder bewegliche Stationen) bildet. Das ist eine Anwendungsform, bei der der Satellit ein neues Instrument ist, das neue Möglichkeiten für die Telekommunikation hervorbringt, obgleich in einer Anzahl von Fällen die Kommunikation auch durch andere, mehr konventionelle Mittel hergestellt werden könnte. In diesem Fall ist es der Satellit, der die Funkkommunikation unterstützt.

Diese beiden Kategorien haben viel Gemeinsames. In allen Fällen sind dieselben physikalischen Phänomene in der Funkkommunikation enthalten. Deshalb sind viele Probleme, die sich auf die Auswahl der Frequenzen beziehen, oder Probleme, die sich insbesondere auf Fragen regulatorischer Art erstrecken, in gewissem Umfang für die beiden Arten der Weltraumfunkkommunikation die gleichen. Dennoch muß zwischen den beiden Kategorien differenziert werden, weil es in zu vielen Fällen eine Tendenz gibt, davon auszugehen, daß die ITU sich nur mit Fragen der oben beschriebenen zweiten Anwendungskategorie beschäftigt.

Die Telekommunikation ist die erste Sphäre menschlicher Aktivität in der industriellen Epoche gewesen, in der die internationale Zusammenarbeit auf Regierungsebene durchgesetzt wurde.

So hat die ITU 106 Jahre lang diese Funktion der Koordinierung, Regulierung und Planung mit sichtbarem Erfolg ausgeübt. Es ist sicher diese jahrelange Erfahrung, die die Telekommunikations-spezialisten gelehrt hat, die gemeinsamen Interessen zu identifizieren und die insbesondere zu der Formulierung der umfassenden Regelung der Fragen der Weltraumfunkkommunikation im Jahre 1963 geführt hat.

b) Die Regelung der Weltraumfunkkommunikation

Die Regelung der Telekommunikation ist durch die Weltverwaltungs-konferenz erfolgt. Diese Konferenzen haben zwischenstaatlichen Charakter und die von ihnen beschlossenen Regelungen haben als Verträge internationale Verbindlichkeit.

(i) Die 1959er Regelung

Im Jahre 1959 wurde in Genf zum Zwecke der Revision der Funkbestimmungen eine Funkverwaltungs-konferenz durchgeführt. Diese war auch verantwortlich für die Zuweisung der Frequenzbereiche für die Funkkommunikationsdienste für Zwecke der Weltraumforschung. Sie legte auch die Bedingungen für die Nutzung dieser Frequenzbereiche fest, und sie traf erstmals Vorsorge für die Funk-

astronomie, eine Maßnahme, die anerkanntermaßen das Wissen des Menschen über das Universum beträchtlich verbreitern kann. Die neuen durch die Konferenz bestätigten Regelungen, die als Verträge internationale Verbindlichkeit besitzen, kann man als die ersten rechtlichen Regelungen von Weltraumfragen charakterisieren.

Die Regierungsbevollmächtigtenkonferenz der ITU wurde zur gleichen Zeit abgehalten. Unter Berücksichtigung der internationalen Probleme, die sich aus der Nutzung des Weltraums für friedliche Zwecke ergeben und bei Beachtung der Bedeutung der Rolle, die die Telekommunikation und dementsprechend die ITU notwendigerweise in dieser Sphäre spielen, unterrichtete die Konferenz den Generalsekretär der Vereinten Nationen und bat ihn, die UNO und die anderen internationalen Organisationen über die Beschlüsse der Funkverwaltungskonferenz von 1959 und über die technischen Studien, die von dem Internationalen Konsultativkomitee durchgeführt worden sind, zu informieren. Im Hinblick auf die äußerst schnelle Entwicklung der Weltraumtelekommunikation empfahl die Funkverwaltungskonferenz von 1959, im Jahre 1963 eine weitere Konferenz durchzuführen, um den technischen Fortschritt in der Anwendung der Funkkommunikation in der Weltraumforschung sowie die Ergebnisse der technischen Studien des CCIR (Internationalen Beratenden Ausschusses für den Funkdienst) und anderer internationaler Organisationen zu prüfen und nach dieser Prüfung über die Zuweisung der Frequenzbereiche, die für die verschiedenen Kategorien der Weltraumfunkkommunikation wesentlich sind, zu entscheiden.

(ii) Die 1963er Regelung

Die Außerordentliche Funkverwaltungskonferenz zur Zuweisung der Frequenzbereiche für Weltraumfunkkommunikationszwecke wurde in Genf vom 7. Oktober bis 8. November 1963 durchgeführt. Wie es bereits der Titel der Konferenz impliziert, bestand das Hauptziel der Konferenz darin, die Funkfrequenzbereiche für spezifische Weltraumfunkkommunikationszwecke zuzuweisen.

Trotz der vielen Schwierigkeiten, denen sich die Konferenz gegenübergestellt sah, konnte sie ihre Aufgabe erfolgreich lösen. Die Frequenzbereiche wurden zuerst einmal den Kommunikationssatelliten zugewiesen, wobei dies meistens auf anteiliger Basis gegenüber anderen Diensten geschah; auf diese Weise wurde der Weg für die Satellitenkommunikation auf einer regulären Operationsbasis geebnet. Frequenzbereiche wurden auch für Meteorologische und Funknavigationsatelliten sowie für die Weltraumtelesteuerung, -messung und -regelung bereitgestellt.

Großes Interesse erregte auch die Funkastronomie, und zusätzliche Frequenzbereiche wurden für diesen Dienst bereitgestellt, einschließlich eines Frequenzbereiches auf weltweiter exklusiver Basis. Auf Grund der geringen Zahl der zur Zeit vorliegenden relevanten technischen Daten hat die Konferenz den Rundfunksatelliten keine Frequenzbereiche zugewiesen. Sie empfahl jedoch, daß der CCIR (Internationale Beratende Ausschuss für den Funkdienst) seine Studien über die technische Durchführbarkeit des Rundfunks über Satelliten, über die optimalen technischen Charakteristika der zu benutzenden Systeme und über die Fragen, welche Bereiche technisch passend wären und ob bzw. unter welchen Bedingungen diese Bereiche zwischen den Rundfunksatelliten und den auf der Erde befindlichen Diensten aufgeteilt werden könnten, zu beschleunigen.

Die Konferenz revidierte auch die 1959er Regelungen, wo es im Interesse der neuen Dienste notwendig war. Insbesondere wurde ein Artikel ergänzt, der das Verfahren der Notifikation gegenüber der Internationalen Frequenzregistrierungsbehörde (IFRB — International Frequency Registration Board) und der Eintragung in das Master International Frequency Register sowie die Abtretung von Frequenzen zwischen Rundfunksatelliten und auf der Erde befindlichen Diensten regelt.

Die 1963er Konferenz stellte fest, daß weitere schnelle Entwicklungen auf dem Gebiete der Weltraumtelekommunikation stattfinden werden, und sie empfahl dem Verwaltungsrat, in Form eines Jahresberichts über den Fortschritt auf dem Gebiet der Weltraumfunkkommunikation zu berichten und zu einem angemessenen Zeitpunkt die Einberufung einer Konferenz für die Ausarbeitung weiterer Vereinbarungen zur internationalen Regelung der Weltraumfunkkommunikation vorzuschlagen.

Dessen ungeachtet waren die 1963er Regelungen zum Zeitpunkt ihrer Abfassung bemerkenswert. Es ist nicht möglich, hier auch nur einen kurzen Überblick über ihren Inhalt zu geben, aber einige Bestimmungen sollen hier herausgegriffen werden.

Die revidierte Tabelle der Funkfrequenzzuweisungen enthält folgende Überschriften:

- Weltraum (Satellitenidentifikation);
- Weltraum (Telemetering — Fernmessung —);
- Weltraum (Telemetering und Tracking — Bahnverfolgung —);
- Weltraum (Telemetering und Tracking im tiefen Weltraum);
- Weltraum (Telecommand — Telesteuerung —);
- Weltraumforschung;

Weltraumforschung (tiefer Weltraum);
 Weltraumforschung (Telemetering und Tracking);
 Satellitenfunknavigation;
 Satellitenhilfen für die Meteorologie;
 Satellitenhilfen für die Meteorologie (Telemetering und Unterhaltung);
 Satellitentelekkommunikation (Verbindung nach unten vom Satelliten zur Erde);
 Satellitentelekkommunikation (Verbindung nach oben von der Erde zum Satelliten).

Die Regelungen enthalten auch detailliert ausgestaltete Prozeduren für die Notifikation der von den Weltraumdiensten benutzten Frequenzen. Detaillierte Bestimmungen, deren Wiedergabe hier ermüdend wirken würde, geben allgemeine Instruktionen über die Form der Nachricht, die durch die notifizierende Verwaltung an den IFRB (Internationalen Ausschuß für Frequenzregistrierung) zu senden ist, und über die grundlegenden Charakteristika, die in nachstehender Reihenfolge in den Informationen berücksichtigt werden müssen:

- Informationen, die sich auf die Frequenzen beziehen, die von den Erdstationen für Übertragungen benutzt werden;
- Informationen, die sich auf die Frequenzen beziehen, die für den Empfang durch die Erdstationen benutzt werden;
- Informationen, die sich auf die Frequenzen beziehen, die für Übertragungen von Weltraumstationen aus benutzt werden;
- Informationen, die sich auf die Frequenzen beziehen, die für den Empfang durch die Weltraumstationen benutzt werden;
- Informationen, die sich auf die Frequenzen beziehen, die für den Empfang durch die Funkastronomie-Stationen benutzt werden.

(iii) Die 1971er Funkweltverwaltungs-konferenz für Weltraumtelekkommunikation

Die Entscheidung, eine Weltverwaltungs-konferenz für Weltraumtelekkommunikation im Juni/Juli 1971 in Genf abzuhalten, ist gewiß eine besonders wichtige Entscheidung für die Entwicklung der Weltraumtelekkommunikation. Eine derartige Veranstaltung ist in Anbetracht des Fortschreitens der Weltraumtelekkommunikationstechnik und der schnell anwachsenden Nutzung solcher Kommunikationen, die eine sorgfältige Erörterung der einzelnen Faktoren erfordern, die nicht in einer isolierten Art und Weise untersucht werden können, zu einer unbedingten Notwendigkeit geworden. Von den einzelnen Faktoren sollen nur folgende erwähnt werden:

- Die außerordentlich schnelle Entwicklung der Weltraumtechnologie und insbesondere die anwachsende Häufigkeit der Nutzung von geostationären Satelliten, wohingegen man sich im Jahre 1963 hauptsächlich mit der Nutzung der nicht-synchronisierten Satelliten beschäftigen mußte.
- Die Mannigfaltigkeit der Weltraumfunkkommunikationen; der Weltraumtelekkommunikation bedarf es nicht nur für die Telephonie und Telegraphie, den Rundfunk, die Navigation, die meteorologische Beobachtung, die Weltraumforschung und die Funkastronomie, sondern auch für andere Anwendungsformen, wie der Weltstrecken-Datenübertragung, der Luftverkehrskontrolle, der Überwachung der Erdressourcen und der Sammlung hydrologischer, meteorologischer und ozeanographischer Daten.
- Koordination der bestehenden bzw. geplanten Weltsysteme mit anderen regionalen oder auch nationalen Systemen.
- Die wirksame Ausnutzung der Erdumlaufbahnen und insbesondere des geostationären Orbits; koordinierte Frequenzplanung für Satelliten zur Sicherung der effektivsten Aufteilung des Funkfrequenzspektrums.
- Der Fortschritt, der durch den direkten Rundfunk über Satelliten als einem Massenkommunikationsmedium und durch den Einsatz von Satelliten für die Navigation erzielt worden ist.
- Die Probleme, die sich aus dem direkten Rundfunk über Satelliten für die Ausnutzung des Funkfrequenzspektrums ergeben.

Diese Fragen können nur durch Kooperation und Koordination auf nationaler und internationaler Ebene gelöst werden. Die ITU wird zu diesem Zweck 1971 in Genf eine Funkweltverwaltungs-konferenz für Weltraumtelekkommunikation einberufen. Zur Vorbereitung dieser Konferenz wird es auch ein spezielles Treffen der CCIR-Studiengruppen (Studiengruppen des Internationalen Beratenden Ausschusses für den Funkdienst) geben. Die bevorstehende Funkweltverwaltungs-konferenz wird gewährleisten, daß die technischen und regulatorischen Bestimmungen, die die Nutzung der Weltraumtelekkommunikationen durch jeglichen Nutzer regeln, auf die moderne Technologie gegründet sein werden und daß hierdurch in den kommenden Jahren der beste Nutzen aus den Weltraumkommunikationen gezogen werden kann.

Den Empfehlungen von Mitgliedsstaaten der ITU folgend, hat der ITU-Verwaltungsrat auf seiner 24. Sitzung (1970) entschieden, daß die Funkweltverwaltungs-konferenz für Weltraumtelekkommunikation am 7. Juni 1971 eröffnet werden soll; auf seiner 25. Sitzung (1971) entschied der Verwaltungsrat dann, daß die Konferenz sechs Wochen dauern sollte. Die Tagesordnung, die vom Verwaltungsrat angenommen worden ist, lautet wie folgt:

- Überprüfung und - sofern erforderlich - Revision und Ergänzung der derzeitig gültigen administrativen und technischen Bestimmungen der Funkregelungen und - sofern erforderlich - Erlaß neuer Bestimmungen für die Funkkommunikationsdienste, sofern diese Weltraumfunktechnik nutzen (einschließlich derjenigen für bemannte Weltraumfahrzeuge) und für die Funkastronomie, um die effektive Nutzung des Spektrums zu sichern.
- Überprüfung und - sofern erforderlich - Revision und Ergänzung der Funkregelungen, um für die Nutzung der Weltraumfunktechnik durch bewegliche Flug- und Seedienste sowohl für Kommunikations- als auch für Funkdeterminationszwecke Vorsorge zu treffen.
- Überprüfung und - sofern erforderlich - Revision und Ergänzung der derzeitig gültigen Tabelle der Funkfrequenzzuweisungen in den Funkregelungen für Funkkommunikationsdienste, sofern diese die Weltraumfunktechnik und den Funkastronomie nutzen können.
- Überprüfung und - sofern erforderlich - Revision und Ergänzung der derzeitig gültigen Bestimmungen betreffend die technischen Kriterien und die Verfahren für die Frequenzaufteilung zwischen Weltraum- und terrestrischen Diensten und Ausarbeitung technischer Kriterien und Verfahren für die Frequenzaufteilung zwischen Weltraumsystemen.
- Beratung über die Durchführbarkeit einer koordinierten Frequenzplanung für Funkkommunikationsatelliten, einschließlich solcher, die an geostationären Orbits platziert sind und Veranlassung entsprechender Maßnahmen.
- Abänderung der Funkregelungen nur in solchen Fällen, in denen es im Interesse der effektiven Durchsetzung der Beschlüsse der Konferenz notwendig ist.
- Annahme solcher Resolutionen und Empfehlungen, wie es zur Lösung der o. a. Fragen erforderlich ist.

Der Acte Final der Konferenz wird als Vertrag internationale Verbindlichkeit besitzen.

Der CCIR hat in der Zeit vom 3. Februar bis 3. März 1971 eine gemeinsame Sondersitzung seiner Studiengruppen durchgeführt, um für die Konferenz die technischen Daten bereitzustellen, die auf den jüngsten Entwicklungen basieren.

Die Arbeit der Konferenz wird in erster Linie durch die Vorschläge der Mitglieder der ITU bestimmt werden.

e) Anwendung der Funkregelungen

Für die Weltraumfunkkommunikationen wie für die konventionellen Funkkommunikationen enthalten die Funkregelungen die Aufzählung einer Anzahl von Aufgaben, die sich auf die Aufzeichnung von Frequenzabtretungen beziehen, die von einem der vier permanenten Organe der ITU - dem Internationalen Ausschuß für Frequenzregistrierung (IFRB) - durchgeführt werden müssen.

Der Internationale Ausschuß für Frequenzregistrierung besteht aus fünf unabhängigen Mitgliedern, die von einer Weltverwaltungskonferenz gewählt werden, die beauftragt ist, allgemeine, das Funkwesen betreffende Fragen zu behandeln. Die wesentlichen Aufgaben des Ausschusses, der von einem Fachsekretariat unterstützt wird, sind:

- die planmäßige Eintragung der von den verschiedenen Ländern vorgenommenen Frequenzzuteilungen durchzuführen, um entsprechend dem in den Funkregelungen bezeichneten Verfahren und gegebenenfalls entsprechend den Beschlüssen der zuständigen Konferenzen der ITU Tag, Zweck und technische Kennzeichen jeder dieser Zuteilungen festzulegen, damit ihre formelle internationale Anerkennung sichergestellt ist;
- den Ordentlichen und Außerordentlichen Mitgliedern Empfehlungen für den Betrieb einer größtmöglichen Anzahl von Funkstrecken in den Bereichen der Frequenzbänden zu geben, in dem Störungen auftreten können;
- alle zusätzlichen Aufgaben über die Zuteilung und Benutzung der Frequenzen durchzuführen, die von einer zuständigen Konferenz der ITU oder vom Verwaltungsrat mit Zustimmung der Mehrheit der Ordentlichen Mitglieder der ITU im Hinblick auf die Vorbereitung einer solchen Konferenz oder in Ausführung ihrer Beschlüsse vorgeschrieben sind.

Ein klares Bild über die Ausdehnung der Weltraumtelekommunikationen erhält man, wenn man von dem Anwachsen der Zahl der Erklärungen über Frequenzabtretungen für Weltraumdienste ausgeht, die seitens der Verwaltungen gegenüber dem Internationalen Ausschuß für Frequenzregistrierung im Jahre 1969 abgegeben worden sind. Die Zahl von 1986 solcher Erklärungen im Jahre 1969 im Vergleich zu 244 im Jahre 1968 und 156 im Jahre 1967 spricht für sich selbst. Ferner ist bezeichnend, daß die Frequenzabtretungsmittelungen, die 1969 eingingen, aus 25 verschiedenen Verwaltungen kamen.

d) Studien und Standardisierung auf dem Gebiet der Weltraumfunkkommunikation

(i) Allgemeines

Die Masse dieser Arbeit wird durch zwei der ständigen Organe der ITU geleistet, nämlich durch den Internationalen Beratenden Ausschuß für den Telegrafien- und Fernsprehdienst. In dem Internationalen Fernmeldevertrag werden deren Aufgaben wie folgt umrissen:

- Der Internationale Beratende Ausschuß für den Funkdienst (CCIR) ist beauftragt, Untersuchungen durchzuführen und Empfehlungen über technische und besondere betriebliche Fragen des Funkwesens herauszugeben.
- Der Internationale Beratende Ausschuß für Telegrafie und Telefonie (CCITT) ist beauftragt, Untersuchungen durchzuführen und Empfehlungen über technische, betriebliche und Gebührenfragen des Telegrafien- und Fernsprechwesens herauszugeben.

Die von einem Internationalen Beratenden Ausschuß untersuchten Fragen, über die er Empfehlungen herausgeben soll, werden ihm von der Regierungsbevollmächtigtenkonferenz, von einer Verwaltungskonferenz, vom Verwaltungsrat, von einem anderen Beratenden Ausschuß oder vom Internationalen Ausschuß für Frequenzregistrierung gestellt. Der Direktor jedes der Beratenden Ausschüsse wird von einem Fachsekretariat unterstützt.

Ferner existiert unter der gemeinsamen Verantwortung des CCITT und des CCIR ein weltweiter Planungsausschuß, dem die Aufgabe obliegt, einen allgemeinen Plan für das internationale FernmeldeNetz auszuarbeiten.

Es muß hervorgehoben werden, daß die Empfehlungen der Beratenden Ausschüsse, obgleich sie, streng genommen, keinen normativen Charakter haben, in der Praxis überall in der Welt eingehalten werden; insbesondere die Produzenten von Telekommunikationsausrüstungen befolgen sie gewissenhaft. Sie dienen oft als Empfehlungen für die Anwendung der Bestimmungen über die Funkdienste. Da die Systeme immer komplizierter werden und immer genauere Bedienungsanweisungen erfordern, ist ein neuer Zustand erreicht, wenn die Empfehlung eines Beratenden Ausschusses (z. B. die Frequenztoleranz eines Funksenders) allgemein angewandt werden kann und wenn der empfohlene Standard in die Funkregelungen einbezogen worden ist und damit obligatorisch wird. Das gewährleistet den kontinuierlichen Prozeß einer Verbesserung der Effektivität der Telekommunikationsdienste, einem der Hauptzwecke der ITU.

(ii) Funkstudien über Weltraumsysteme, die durch den CCIR durchgeführt werden

Auf seiner IX. Plenarversammlung im Jahre 1959 hat der CCIR eine Studiengruppe gebildet, deren Aufgabe es ist, sich mit Fragen der Weltraumkommunikationen zu befassen.

Die CCIR-Studiengruppe IV, die sich auf Fragen der Weltraumfunkkommunikationen und der Funk-astronomie spezialisiert hat, tagte im März 1962 in Washington und hat eine Reihe von wichtigen Empfehlungen erarbeitet, die sich beziehen auf:

- die technischen Charakteristika der Erde-Satelliten-Kommunikationssysteme für Telefonie und monochrome Television;
- die bevorzugten Frequenzbereiche für den Gebrauch in Telemetering, Tracking, Telecommand, Hör- und Fernsehfunkübertragungen über experimentelle und operative Erdsatelliten und Weltraumsonden;
- die Frequenzerfordernisse von Satellitenfunknavigationssystemen.

Diese Entwürfe wurden von der IX. Plenarversammlung des CCIR, die im Frühling 1963 getagt hat, beraten und im Prinzip bestätigt. Hierdurch wurden die technischen Grundlagen für die Arbeit der Weltraumkonferenz, die im Herbst dieses Jahres zusammentrat, geschaffen, auf die in Abschnitt 2 (b) (ii) bereits eingegangen worden ist.

Nach intensiver Arbeit der verschiedenen Studiengruppen hat die XI. Plenartagung des CCIR, die im Jahre 1969 in Oslo abgehalten wurde, neunzehn Empfehlungen zur Weltraumkommunikation angenommen, die sich insbesondere beziehen auf:

- die aktiven Kommunikationssatellitensysteme für Telefonie und monochrome Television;
- die Aufteilung der Frequenzbereiche unter die aktiven Kommunikationssatellitensysteme, der Ziellinienfunkrelais-systeme und andere erdstationierte Funkssysteme;
- die Frequenzerfordernisse für Funknavigationssatellitensysteme;
- die Frequenzen, die für die meteorologischen Satelliten geeignet sind;
- die bevorzugten Frequenzbereiche für die Nutzung des Betriebs, des Telemetering, Tracking und Telecommand von Entwicklungs- und Operationssatelliten;
- die Telekommunikationsverbindungen für Naherd- und Tiefweltraumforschungen und auf die Forschung mittels bemannter Weltraumfahrzeuge und die Frequenzbereiche für die Wiedereintrittskommunikationen;
- den Schutz von Frequenzen, die für funk-astronomische Messungen benutzt werden.

Die Studiengruppen des CCIR trafen sich zur Vorbereitung ihrer XII. Plenarversammlung im September/Oktober 1969 in Genf. Die Höhepunkte der Arbeit der Studiengruppen auf dem Gebiete der Weltraumtelekommunikation waren:

- das fortgesetzte Studium der technischen Faktoren, die die effektive Nutzung des geostationären Orbits beeinflussen;
- die Nutzung des Funkfrequenzspektrums über 10 GHz;
- die Festlegung eines Studienprogramms über mögliche Rundfunksatellitensysteme und ihre relative Annehmbarkeit unter besonderer Berücksichtigung der ökonomischen Faktoren, sofern sie die Entwicklungsländer betreffen;
- das Studium von technischen Problemen, die aus der Anwendung von Weltraumtelekommunikationstechniken für die Kommunikation und Navigation durch mobile (aeronautische und maritime) Radiodienste entstehen.

Die XII. Vollversammlung des CCIR, die im Januar — Februar 1970 in Neu Delhi abgehalten wurde, billigte die Entwürfe, die im September—Oktober von ihren Studiengruppen vorbereitet worden waren.

In diesen Entwürfen werden die allgemeinen technischen Kriterien und die Empfehlungen vorgelegt, die von der Funkweltverwaltungskonferenz für Weltraumtelekommunikation gefordert worden waren. Alle Mitglieder der ITU werden ferner an der Vorbereitung der detaillierten technischen Spezifikationen und der Leitung teilnehmen können. Die Konferenz wird darauf ihre Entscheidungen gründen, um den bestehenden Regulierungsmechanismus zu verbessern und zu vergrößern. Es wurde entschieden, daß eine besondere Tagung der Studiengruppen des CCIR im Januar—Februar 1971 — ungefähr 5 Monate vor der Konferenz — in Genf für diesen Zweck abgehalten werden sollte.

Die Arbeit über Weltraumfragen, die während der vergangenen wenigen Jahre vom CCIR durchgeführt wurde, ist so umfassend, daß sie nicht einmal kurz analysiert werden kann. Ein Beispiel ist der Satellitenrundfunk, dem auf der Konferenz von 1963 keine Frequenzbreiten zugeteilt worden waren; dieses Thema ist wegen seines Bildungspotentials intensiv studiert worden. Der CCIR hat sich unter anderem auch mit Fragen der Terminologie beschäftigt und hat zwei Empfangsmethoden definiert:

- den individuellen Empfang, d. h. mittels einfacher Heimempfangsausrüstung und insbesondere mit einer kleinen Antenne;
- den Gemeinschaftsempfang, d. h. mittels Empfängern, die kompliziert sein dürfen und ziemlich große Antennen haben, und die einer Gruppe von Menschen an einer Stelle oder sogar in einem kleinen Gebiet mit der Hilfe eines Verteilersystems dienen.

Fortsetzung folgt.

Programmablauf von Lunochod 1

KARL-HEINZ NEUMANN

Am 4. Oktober 1971 beendete das sowjetische Mondfahrzeug Lunochod 1 seine aktive Arbeit auf der Oberfläche unseres Erdtrabanten im Mare Imbrium. Rund 10 1/2 Monate waren seit dem Zeitpunkt vergangen, an dem es von seinem Landefahrzeug Luna 17 herab auf die Mondoberfläche gerollt war, obwohl das Unternehmen laut Plan nach drei Monaten beendet sein sollte.

10. November 1970, 14^h44^m WZ — Start von Luna 17 in Baikonur. Trägerrakete: Neuer leistungsstarker Typ, Proton-Rakete, Einflug in eine Erdsatellitenbahn im Bereich zwischen 190 und 240 km Höhe bei 51 Grad Bahnneigung. Start aus dieser Satellitenbahn in eine Flugbahn zum Mond.

11. November 1970, 6^h00^m WZ, Luna 17 ist bereits 139 000 km von der Erde entfernt.

12. November 1970, Landestufe von Luna 17 führt auf Kommando der Bodenleitstelle ihre erste Bahnkorrektur aus. Dieser waren zahlreiche Bahnvermessungen (auch optische mit Hilfe von Aufnahmen an großen Teleskopen unter Verwendung von Bildwandlern und Bildverstärkern) vorangegangen.

14. November 1970, zweite sogenannte „Feinkorrektur“ der Flugbahn wird durch den Antrieb der Landestufe von Luna 17 auf Grund von Bodenkommandos ausgeführt.

15. November 1970, innerhalb der Wirkungssphäre des Mondes. Im vorgesehenen räumlichen Punkt wird das Triebwerk der Landestufe von Luna 17 erneut gezündet. Dadurch erfolgt der Einflug in eine Mondsatellitenbahn. Sie hat folgende Parameter: Innereitzeit 106 Minuten, Bahnneigung 141 Grad, Höhe der Kreisbahn über der Mondoberfläche 35 km.

15. bis 17. November 1970, die Mondumlaufbahn wird mehrfach verändert. Über dem Mare Imbrium wird die Entfernung zur Mondoberfläche bis auf 19 km herabgesetzt.

17. November 1970, 3^h47^m WZ, weiche Landung von Luna 17 auf dem Mond. Der Landeort hat die folgenden selenographischen Koordinaten (astronautisches System):

35° westliche Länge, 38°17' nördliche Breite.

Bis zur Landung war 36mal Funkverbindung mit Luna 17 aufgenommen worden.

6^h20^m WZ wurde ein erster Funkkontakt mit dem auf der Landestufe befindlichen Lunochod 1 aufgenommen. Dabei sind seine Systeme eingeschaltet worden. Die Angaben über die Parameter in der Gerätesektion wurden zur Erde übertragen. Innentemperatur 18 Grad Celsius, Druck 1000 mm Hg. Die Neigung des Landegerätes gegen die Horizontale betrug 3 Grad. Fallreeps zum Herabrollen des Mondfahrzeuges wurden heruntergeklappt.

6^h28^m WZ. Das Mondfahrzeug rollt über das vordere Fallreep auf die Mondoberfläche. Bereits in 15 Meter Abstand wurden erste Versuche der Veränderung der Bewegungsrichtung gemacht, die positiv verliefen. Lunochod entfernte sich zunächst 20 Meter von der Landestufe. Danach erfolgte Ausrichtung nach der Sonne und Aufklappen des Deckels mit den Solar-

zellen. Telemetrische Meßwerte ergaben für das Innere der Gerätesektion von Lunochod 1 normale Temperatur- und Druckwerte. Erste Fernseh- und Panoramabilder werden zur Erde übermittelt. Am 17. November 1970 war der Mondmittag für das Landegebiet um einen Tag überschritten.

18. November 1970, 20^h00^m WZ, erneute Aufnahme des Funkkontaktes mit Lunochod 1. Temperatur im Inneren der Gerätesektion 18 Grad Celsius, Druck 1040 Millibar. Weitere Fernsehbilder werden übermittelt, das Röntgenstrahlungs-teleskop erstmalig eingesetzt und extragalaktische Strahlungsquellen identifiziert.

19. November 1970, 20^h00^m WZ, Aufnahme der nächsten Funkverbindung mit Lunochod, Dauer 4 Stunden 40 Minuten. Fahrzeug in südöstlicher Richtung gewendet, Übertragung von Bildern der Landstufe, Fahrtstrecke 96 Meter. Auf Fahrtstrecke Hügelliste überwunden, kleine Krater und Steine. Neigung nicht größer als 10 Grad. Panoramaaufnahmen, Untersuchung der mechanischen Festigkeit mit mechanischem Bohrgerät, Überprüfung der Funktionen des Fahrgestells, Temperatur 16 Grad Celsius, Druck 1000 Millibar.

20. November 1970, 21^h00^m WZ, weitere Fahrt um 82 Meter, erster Einsatz des Röntgenspektrometers zur chemischen Analyse des Untergrundmaterials, durchfahrenes Gelände stärker zerklüftet, Neigungswinkel bis zu 14 Grad, tiefer Krater wurde umfahren, auf das Fahrgestell einwirkende Belastung gemessen. Panoramaaufnahmen und Fernsehbilder zur Erde übertragen (bei Abschluß dieser Arbeitsperiode insgesamt 14 vollständige Panoramaaufnahmen), Bohrer für Bodenfestigkeitsbestimmungen mehrfach eingesetzt, auch Röntgenspektrometer, weitere extragalaktische Röntgenstrahlungsquellen identifiziert.

21. November 1970, keine Fortbewegung des Fahrzeuges, Funkverbindung 1 Stunde und 55 Minuten, mechanische Festigkeitsmessungen, chemische Zusammensetzung bestimmt, Temperatur 18 Grad Celsius, Druck 730 Millibar.

22. November 1970, Funkverbindung für zwei Stunden, Vorbereitungen für die erste Mondnacht; zurückgelegte Strecke 18 Meter, Fernsichtübertragung und Steuerungsbehebungsübermittlung. Laser-Reflektor nach der Erde ausgerichtet, Deckel mit Solarzellenflächen geschlossen.

Damit Ende des ersten Mondarbeitstages, Lunochod bewegte sich an den Hängen eines flachen Kraters, in dem Luna 17 gelandet war, insgesamt zurückgelegte Strecke 197 Meter, Chemische Zusammensetzung und Festigkeit des bis dahin untersuchten Gebietes mitunter schon im Abstand von 6 Metern verschieden.

23. November 1970, nochmalige Funkverbindung mit Lunochod, um Fahrzeug auf Mondnacht vorzubereiten. Alle Systeme funktionierten normal.

24. November 1970 bis 8. Dezember 1970, Mondnacht für Lunochod. Während dieser Zeit zweimal Funkverbindung mit Lunochod aufgenommen. Außentemperatur minus 150 Grad Celsius, Innentemperatur nicht unter 15 Grad Celsius und Druck nicht unter 760 Millibar. Am 5. und 6. Dezember erste erfolgreiche Laser-Experimente von der Krim aus.

9. Dezember 1970, erster Funkkontakt nach der Mondnacht. Deckel geöffnet, Funktionstüchtigkeit aller Systeme und Instrumente überprüft. Übersendung weiterer Panoramaaufnahmen, auch der aufgehenden Sonne.

10. Dezember 1970, Funkkontakt zwischen 13 und 22 Uhr WZ. Zurückgelegte Strecke 244 Meter, anfangs in südöstlicher, danach in südwestlicher Richtung. Krater von 16 Meter Durchmesser durchfahren, einzelne Steine überwunden, andere Hindernisse umfahren. Einzelne Fahrpausen zu chemischen und mechanischen Untersuchungen, schwierige Situation in einem 2 Meter tiefen Krater, alle acht Räder drehten im losen Material durch. Querneigung 27 Grad, Längsneigung 17 Grad. Rückwärts wieder herausgefahren.

11. Dezember 1970, Funkverbindung ab 14 Uhr WZ aufgenommen. Zahlreiche Manöver zur Prüfung der Steuerungsfähigkeit und unterschiedlichen Fahrtgeschwindigkeiten, 98 Meter in südlicher Richtung zurückgelegt, Gelände von zahlreichen Kratern übersät, Chemische und mechanische Messungen in den Fahrtpausen, telemetrische Angaben ergeben innerhalb des Geräteteils 15 Grad Celsius und 1000 Millibar, Außentemperatur 108 Grad Celsius.

12. Dezember 1970, Funkverbindung von 15^h bis 19^h27^m WZ, Fahrtrichtung Süden, 253 Meter zurückgelegt, Hügelliges Gelände, Fahrtgeschwindigkeit mehrfach beschleunigt. Mehrfache Experimente zur Bestimmung der technischen Leistungsfähigkeit des Fahrzeuges, Panoramaaufnahmen übertragen.

13. Dezember 1970, Untersuchung eines entwicklungsgeschichtlich jungen Mondkraters von 35 Metern Durchmesser, der 800 Meter vom Landeort entfernt ist. Mechanische Untersuchungen und solche mit Röntgenspektrometer in verschiedenen Abständen. Panoramaaufnahmen zeigen herausgeschleuderte Steine mit relativ scharfen Kanten und Spitzen, Lunochod mehrmals auf der Stelle gedreht, um Regolith wegzuschieben und darunterliegende feste Schichten zu untersuchen.

Vom 14. bis 17. Dezember 1970 Untersuchungen im Stand. Mondmittag am 15. Dezember um 20^h WZ.

18. Dezember 1970, 3 Stunden und 41 Minuten Funkverbindung, 197 Meter in südöstlicher Richtung zurückgelegt (gesamte bisherige Fahrtstrecke 1022 Meter). Panoramabilder vom neuen Operationsgebiet übertragen, Temperatur im Geräteteil 21 Grad Celsius, Druck 780 mm Hg. Mondoberflächen Temperatur 130 Grad Celsius.

19. Dezember 1970, Weiterfahrt in südöstlicher Richtung um 263 Meter. Verschiedene Untersuchungen, Fernsichtaufnahmen und Panoramabilder übertragen. Tiefe Krater mit Neigungswinkel bis zu 20 Grad durchfahren. Danach relativ ebenes Gelände, nur schwach von Regolith bedeckt, Spurtiefe nur 2 cm.

20. Dezember 1970, 3 Stunden und 26 Minuten Funk- und Fernsehkontakt. In kraterreicher Ebene 337 Meter zurückgelegt. Am Ende der Funkverbindung Lunochod in einen Krater von 100 Meter Durchmesser und einer Wandneigung von 10 Grad hineingelenkt. Während der Arbeitsperiode Panoramaaufnahmen gesendet und mechanische Messungen vorgenommen. Lunochod zur Übernachtung vorbereitet.

Vom 23. Dezember 1970 bis 7. Januar 1971 Mondnacht mit weiteren Laser-Experimenten. Dreimal Funkverbindung aufgenommen.

7. Januar 1971, 11^h WZ Sonnenaufgang für Lunochod. In der Nacht vom 7. zum 8. Januar 1971 neuer Funkkontakt mit Lunochod. Deckel mit Solarzellen aufgeklappt und nach der Sonne ausgerichtet. Alle Bordsysteme funktionieren normal. Temperatur im Geräteteil 18 Grad Celsius, Druck 1006 Millibar.

9. Januar 1971, 15^h WZ Aufnahme der Funkverbindung für 4^h, Stunden. Röntgenspektrometer zur Untersuchung des Kraters, in dem Lunochod übernachtete, eingesetzt. Weitere Bildsendungen zeigen zahlreiche Sekundärkrater und große Steine, deren Eigenschaften an verschiedenen Stellen innerhalb des Kraters untersucht werden. Krater in nordöstlicher Richtung verlassen. Fahrtstrecke 140 Meter. Alle Systeme normal.

10. Januar 1971, Fortführung der Untersuchungen in dem erreichten Gebiet.

11. Januar 1971, 19^h30^m WZ Funkverbindung für 5 Stunden und 2 Minuten. Zurückgelegte Strecke 517 Meter. Fahrtstrecke verhältnismäßig eben, kleine Steine und relativ alte Krater mit flachen Hängen ohne Kursänderung überwunden. Panoramaaufnahmen zur Erde gesendet. Röntgenteleskop eingesetzt, Röntgenspektrometer für chemische Analysen verwendet. Temperatur im Gerätesektor 18 Grad Celsius, Druck 756 mm Hg. Während der Zeit der Funkverbindung bis auf kurze Pausen zur Ausrichtung der Solarzellen auf die Sonne und der Energieaufladung der Pufferbatterie fast ununterbrochen gefahren. Irdische Besatzung arbeitete im Zwei-Schicht-System. Die ersten 307 Meter von der ersten Schicht gefahren.

12. Januar 1971, 22^h30^m WZ sechsstündiger Funkkontakt aufgenommen. Hauptaufgabe in dieser Arbeitsperiode: Untersuchung von Navigationsmethoden. 553 Meter zurückgelegt. Relativ ebenes Gelände. Für Navigationsexperimente wurden auffällige Objekte am Horizont, z. B. der Doppelgipfel eines weit entfernten Berges als Peilobjekte benutzt. Weitere Navigationsexperimente mit der Sonne, der Erde und anderen kosmischen Objekten. Ergebnisse zeigten, daß die Benutzung eines einzigen Teilobjektes Möglichkeiten der sicheren Navigation bietet, auch wenn dieses beim Durchfahren von Kratern teilweise außer Sicht gelangt. Der vorgesehene Ort wurde mit hoher Präzision erreicht.

Vom 13. bis 15. Januar 1971 arbeitete Lunochod 1 im Stand wegen des hohen Sonnenstandes. Mondmittag am 14. Januar 1971.

16. Januar 1971, in der Nacht zum 17. Januar 42. Funkverbindung für 2 Stunden und 32 Minuten aufgenommen. Lunochod fuhr in nordwestlicher Richtung und legte 254 Meter zurück. Zunächst ein Gebiet mit zahlreichen Kratern durchfahren, danach in ebenes Gebiet gelangt und Annäherung an die Fahrspur des zweiten Mondtages. Zahlreiche Manöver zur Untersuchung der Fahreigenschaften durchgeführt. Analysen und mechanische Messungen ausgeführt sowie Steuerungsaufgaben gelöst. Bis zum Ende der Funkverbindung insgesamt 3184 Meter zurückgelegt.

17. Januar 1971, 21^h30^m WZ, Funkverbindung für 4 Stunden und 15 Minuten. Nach dem Kreuzen der alten Fahrspur Kurs auf die Landstufe von Luna 17. Anfänglich schwieriges Gelände mit zahlreichen Kratern. Annäherung an die Landstufe bis auf 20 Meter, damit Navigationsexperimente erfolgreich abgeschlossen. Während der Fahrt weitere Analysen und Untersuchungen. Schließlich Annäherung an die Landstufe bis auf 2,5 Meter. Bis dahin zurückgelegte Strecke 3593 Meter.

18. bis 20. Januar 1971. Lunochod führte in der Nähe der Landstufe weitere Untersuchungen durch.

20. Januar 1971, Vorbereitung auf die Mondnacht.

22. Januar 1971, etwa 4^h WZ, Sonnenuntergang.

6. Februar 1971, 0^h WZ, Sonnenaufgang. Lunochod wird auf die neue Arbeitsperiode vorbereitet, es wurde mit seinem vorderen Teil nach Osten ausgerichtet und der Deckel mit den Solarzellen aufgeklappt.

7. Februar 1971, Beginn der vierten Arbeitsetappe. 323 Meter in nördlicher Richtung zurückgelegt. Krater von 30 bis 40 Metern Durchmesser und Wandneigung bis zu 15 Grad durchfahren, zahlreiche Fernseh- und Panoramabilder übertragen. Landstufe fotografiert, Bilder der Sonne übertragen, Gebiet mit starker Anhäufung von Steinen festgestellt. Abstand zur Landstufe beträgt nun wieder 260 Meter. Temperatur im Geräteteil 17 Grad Celsius, Druck 1000 Millibar.

8. Februar 1971, 277 Meter in nördlicher Richtung zurückgelegt. Schwieriges Gelände, Hügel bis zu 60 Meter Höhe überwunden, gefährliche Krater umfahren, 20 Krater durchquert.

9. Februar 1971, weiter in nördlicher Richtung auf das Heraklid-Vorgebirge zu gefahren, mondgeschichtlich ältere Krater mit 50 bis 100 Metern Durchmesser und mehrere Krater mit 20 Metern und jüngeren Datums untersucht. Darunter soll sich nach Auffassung der Wissenschaftler auch der bisher jüngste Krater befinden, dem Lunochod begegnet ist. Der lineare Abstand zur Landstufe beträgt 578 Meter.

10. Februar 1971, an diesem Tage trat eine Mondfinsternis ein. Während der 1 1/2 Stunden dauernden Totalität (vom Mond aus als Sonnenfinsternis zu sehen) kühlte sich die Umgebung auf minus 100 Grad Celsius ab. Das Wärmeregulierungssystem mit der Isotopenbatterie sorgte für die Konstanzhaltung der Temperatur im Inneren des Gerätesektors. Der Deckel mit den Solarzellen blieb geöffnet. Sieben Stunden nach dem Beginn der Mondfinsternis hatte die Temperatur in der Umgebung wieder die normalen Werte erreicht. Das Fahrzeug wurde in Bewegung gesetzt und fuhr während des Funkkontaktes weiter in nördlicher Richtung. Die starken Temperaturbelastungen während der Finsternis verursachten keinerlei Schäden.

11. Februar 1971. In den beiden vergangenen Tagen hatte Lunochod 509 Meter in nördlicher Richtung zurückgelegt. Es ist dadurch rund 1 km von der Landstufe entfernt. Die gesamte bisher zurückgelegte Strecke beträgt 4813 Meter. Nach Abschluß dieses Arbeitstages wurde Lunochod für den Mondmittag geparkt.

11. Februar bis 14. Februar 1971, Untersuchungen im Stand. Mondmittag 13. Februar 1971, etwa 12^h WZ.

16. Februar 1971. An diesem Tage hatte Lunochod den 5000. Meter zurückgelegt. Wie auch am vorangegangenen Tage wurden Panoramabilder zur Erde übertragen. Bisherige Auswertung ergab, daß eine große Zahl terrassenförmiger Absätze in den Lavaströmen des Basalts in diesem Gebiet auftritt.

17. Februar 1971, knapp 6 Stunden Funkkontakt mit Lunochod, Fahrt durch einen Krater von etwa 500 Metern Durchmesser, zahlreiche chemische Analysen, stereoskopische Panoramaaufnahmen. Gegen Ende des Funkkontaktes den 6 Meter hohen Kraterwall „erstiegen“.

18. Februar 1971, Fortführung der Untersuchungen, Fahrt in nördlicher Richtung.

19. Februar 1971, Lunochod wird für die nächste Mondnacht vorbereitet. Parkt am Rande eines Kraters, der etwas mehr als 1 km von der Landstufe entfernt ist. Deckel mit den Solarzellen geschlossen, Temperatur in der Gerätesektion 20 Grad Celsius, Druck 745 mm Hg.

Am Ende dieser Arbeitsperiode war das ursprüngliche Forschungsprogramm von Lunochod erfüllt, die Weiterarbeit erfolgte nach einem zusätzlichen Programm.

20. Februar bis 7. März 1971, Mondnacht, alle Systeme ruhen.

7. März 1971, erste Kontaktaufnahme nach vierter Mondnacht. Alle Systeme kontrolliert. Aus großem Krater herausgefahren, nach Osten ausgerichtet. Sonnenaufgang über Fernsehkamera beobachtet. Deckel mit Solarzellen zur Aufladung der Pufferbatterien aufgeklappt.

8. März 1971, 20^h30^m WZ, erneuter Funkkontakt. Weiterfahrt in nordwestlicher Richtung, 272 Meter zurückgelegt. An mehreren Stellen physikalisch-mechanische Untersuchungen des Mondbodens vorgenommen. Strahlungsmessungen und Beobachtungen mit dem Röntgenteleskop. Chemische Analyse des Untergrundgesteines, durch Drehen auf der Stelle Regolith beiseite geschoben. Schicht des losen Materials betrug nur 10 cm.

9. März 1971, fünfstündige Funkverbindung. Weitere Fahrt in nordwestlicher Richtung. Zwei Krater von 500 und 200 Metern Durchmesser untersucht, chemische Analysen gemacht, stereoskopische Aufnahmen der Umgebung zur Erde übertragen.

10. März und 11. März 1971, weitere 503 Meter zurückgelegt, bisherige Fahrtstrecke beträgt 6140 Meter. Dabei Krater von 500 Metern Durchmesser untersucht, zahlreiche Sekundärkrater mit Durchmessern von 8 bis 40 Metern umfahren. Lunochod 1 jetzt 150 Meter vom Rand des großen Kraters entfernt. Mechanisch-physikalische und chemische Untersuchungen, Panoramabilder sowie Strahlungsmessungen und Messungen mit dem Röntgenteleskop ausgeführt. Erstmalig chemische Analysen vom Mondboden, der im Schatten liegt. Interessante Angaben bezüglich der Einwirkung der Teilchen der solaren Strahlung.

13. März 1971, Lunochod ist in den 500-Meter-Krater zurückgefahren, Konzentration bei der mechanischen Untersuchung von Gesteinsbrocken, die teilweise zerdrückt und danach chemisch analysiert wurden. Weitere Panoramaaufnahmen gemacht. Am 12. und 13. März insgesamt 208 Meter zurückgelegt.

14. März 1971, Lunochod wird geparkt. Stand-Untersuchungen, eingesetzt wird das Röntgenteleskop und die Strahlungsmeßapparatur.

14. März bis 16. März 1971, Mittagspause. Mondmittag am 15. März, gegen 0^h WZ.
 Vom 17. bis 21. März 1971 Fortführung der Untersuchungen. Nach Verlassen des 500-Meter-Kraters wurde relativ ebene Gelände in seiner Umgebung erforscht. Dabei auch zahlreiche junge Krater meteoritischer Ursprungs entdeckt.
22. März 1971, Vorbereitung auf die nächste Mondnacht.
 22. März bis 6. April 1971, Mondnacht, alle Systeme sind stillgelegt.
7. April 1971, Beginn der 6. Etappe. Erneut Funkverbindung und Überprüfung der Apparatur. Solarzellenfläche geöffnet, Vorbereitung auf die weitere Arbeit.
8. April bis 9. April 1971, Untersuchung von zwei Mondkratern wird abgeschlossen.
 bis 11. April 1971, Untersuchung eines neuen jungen Kraters. Soll die bisher interessanteste Formation auf dem Wege von Lunochod sein. Hat einen Durchmesser von mehreren Dutzend Metern, Neigung der Kraterwände 30 Grad und mehr. In der Umgebung liegen 80 bis 100mal mehr Steine als im normalen Mare-Gebiet. Einzelne Steine haben bis zu drei Metern Höhe. Der Krater wurde unter Einsatz aller an Bord vorhandenen Mittel untersucht.
12. bis 14. April 1971, Stand-Untersuchungen. Mondmittag am 13. April gegen 10^h WZ.
 bis 19. April 1971, weitere Untersuchung des jungen Kraters. Bis zum Ende dieser Arbeitsperiode 8261 Meter zurückgelegt. Vom 7. bis 10. April 1971 war eine starke Strahlungsintensität an Protonen geringer Energie registriert worden. Diese Zunahme der Protonenstrahlung wird auf eine am 6. April 1971 von Irdischen Observatorien festgestellte starke Sonnen-eruption zurückgeführt.
20. April 1971, Vorbereitung des Fahrzeuges auf die neue Mondnacht. Lunochod wurde so aufgestellt, daß eine Laser-Ortung während der Nacht möglich wurde. 21^h WZ Sonnenuntergang für Lunochod.
20. April bis 5. Mai 1971, Mondnacht.
 6. Mai 1971, 0^h WZ Sonnenaufgang. Nach Überprüfung der Systeme beginnt Lunochod die 7. Arbeitsetappe auf dem Mond.
 7. bis 10. Mai 1971, weitere Untersuchung des jungen Kraters.
 10. bis 13. Mai 1971, untersucht werden drei Krater, deren Kraterwände an einer Stelle zusammenstoßen. Dort befindet sich ein Hügel von etwa 15 Metern Höhe. Vom Gipfel dieses Hügels machte Lunochod zahlreiche Panoramaaufnahmen und Stereobilder der drei Krater und ihrer Eruptionszonen. Zum anderen wurden mechanische und chemische Analysen ausgeführt.
13. bis 14. Mai 1971, Stand-Untersuchungen während des Mondmittags.
 15. bis 18. Mai 1971, weitere Untersuchungen der drei Mondkrater.
 20. Mai 1971, Vorbereitung für die 7. Mondnacht. Bisher insgesamt 8458 Meter zurückgelegt.
20. Mai bis 4. Juni 1971, Mondnacht.
 4. Juni 1971, 1^h WZ Sonnenaufgang. Beginn der 8. Arbeitsperiode, Forschungen fortgesetzt.
 5. bis 11. Juni 1971, in nordöstlicher Richtung weitere 488 Meter zurückgelegt.
12. bis 13. Juni 1971, Stand-Untersuchungen. Mondmittag 11. Juni 1971, 14^h WZ.
 14. bis 18. Juni 1971, Weiterführung der Arbeit, Lunochod legte rund 900 Meter zurück. Das Programm des 8. Mondtages wurde erfüllt. Sonnenuntergang am 18. Juni 1971 gegen 19^h WZ.
- Vom 18. Juni bis 3. Juli 1971 Mondnacht.
 3. Juli 1971, gegen 13^h WZ Sonnenaufgang.
4. Juli 1971, Beginn des 9. Arbeitstages. Zunächst Untersuchung einer Kratergruppe, die gegen Ende des 8. Mondtages erreicht worden war. Von der gesamten Fahrtstrecke waren lückenlos Panoramabilder übermittelt worden. Chemische und mechanische Analysen durchgeführt.
10. bis 12. Juli 1971, Stand-Untersuchungen. Mondmittag am 11. Juli 1971, gegen 13^h WZ.
 17. Juli 1971, Abschluß des Programms des 9. Arbeitstages, Fahrtstrecke an diesem Tage 220 Meter, Gesamtstrecke 10237 Meter. Gegen Ende des 9. Mondtages näherte sich Lunochod dem Rand eines verhältnismäßig jungen Kraters (Durchmesser 90 Meter) und untersuchte dessen Umgebung. An einer genügend ebenen Stelle parkte Lunochod für die nächste Mondnacht.
18. Juni bis 2. August 1971, Mondnacht. Sonnenaufgang am 2. August 1971.
 2. August 1971, Aufnahme des Funkkontaktes für den 10. Arbeitstag.
 3. bis 7. August 1971, weitere Untersuchung des jungen Kraters.
 8. bis 10. August 1971, Mondmittag, Stand-Untersuchungen.
11. bis 16. August 1971, Fortführung der Untersuchungen. In der 10. Arbeitsetappe war eine Strecke von 215 Metern zurückgelegt worden. Die Gesamtfahrtstrecke betrug nun 10452 Meter. Während der 10. Arbeitsetappe waren alle Systeme und Geräte gründlich überprüft worden. Wiederum wurde eine Reihe von Panoramaaufnahmen gemacht. Zur genauen Untersuchung wurden die gleichen Oberflächen Details von verschiedenen, 20 bis 30 Meter voneinander entfernten Punkten aufgenommen. Neben physikalisch-mechanischen Messungen sind die Strahlungsmessungen fortgesetzt worden. Im Laufe des 10. Arbeitstages war mit Hilfe irdischer Funkanlagen und der Sendeanlagen des Mondfahrzeuges ein erfolgreiches Experiment zur Bestimmung der zeitlichen Veränderung der Mondentfernung sowie zur Winkelgeschwindigkeitsbestimmung der Mondbewegung ausgeführt worden.
16. August 1971, letzter Funkkontakt der 10. Arbeitsetappe. Lunochod wurde zur Laser-Ortung in eine günstige Position gebracht. Druck und Temperatur im Inneren hielten sich in vorgegebenen Grenzen.
17. August bis 1. September 1971, Mondnacht.
 2. September 1971, Beginn der 11. Arbeitsperiode.
 2. bis 6. September 1971, Fortführung der Untersuchungen und Übersendung von Panoramabildern. Weitere Stereoaufnahmen wurden angefertigt.
7. bis 9. September 1971, Stand-Untersuchungen während des Mondmittags.
 10. bis 15. September 1971, Weiterführung der wissenschaftlichen Arbeiten. Während der 11. Arbeitsetappe legte Lunochod etwa 100 Meter zurück. Es wurde festgestellt, daß in dieser Zeit die Temperatur im Geräteteil wegen Erschöpfung der Isotopenbatterien absank. Alle Systeme und Aggregate arbeiteten aber noch zufriedenstellend. Bisher war über 130mal Funkverbindung mit dem Mondmobil aufgenommen worden.
15. bis 30. September 1971, Mondnacht.
 30. September 1971, erneute Aufnahme des Funkkontaktes mit Lunochod. Die Isotopenbatterie war praktisch erschöpft. Bei weiteren Funkkontakten bis zum 4. Oktober 1971 wurde Lunochod in eine Position gebracht, die eine weitere Verbindung über den französischen Laser-Reflektor gestattet. Das Programm von Lunochod fand damit seinen Abschluß. In den 10 1/2 Monaten wurde eine Strecke von 10540 Metern zurückgelegt. 80000 m² der Mondoberfläche sind detailliert untersucht und kartographiert worden. Mehr als 200 Panoramaaufnahmen wurden übertragen, die Zahl der Fernsichtbilder übertrifft 20000. An 500 Punkten der Fahrtstrecke sind die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Mondoberfläche analysiert worden. An rund 30 Punkten wurden chemische Analysen ausgeführt.

Der Ausweg besteht darin, einen komplizierteren Automaten zu schaffen, der in der Lage ist, das Verhalten des Forschers ausreichend exakt nachzuahmen und zu vermeiden, daß Angaben, die keine Informationen enthalten, gesammelt und registriert werden. Solch einem vernünftigen auswählenden Automaten muß ein Kriterium zugrunde gelegt werden, mit dem entschieden werden kann, ob Messungen wesentlich oder unwesentlich sind. Da die Kriterien für die verschiedenen Experimente unterschiedlich sind, ist diese Aufgabe keineswegs leicht.

Aber auch damit ist das Problem noch nicht erschöpft. Die nächste Aufgabe besteht in einer möglichst sparsamen, möglichst gedrängten Beschreibung der registrierten Werte.

Nehmen wir an, an Bord eines Raumflugkörpers ist ein Foto eingegangen. Gewöhnlich wird es in kleine Elemente aufgeteilt, und die Angaben über die Helligkeit jedes Elements werden nacheinander gesendet. In gleicher Weise werden auch Fernsehbilder übertragen, wenn die Bewegung von Element zu Element entlang einer „Zeile“ erfolgt und danach zur folgenden „Zeile“ übergegangen wird. Im allgemeinen braucht man für die Beschreibung eines Fotos sehr viele Angaben. Doch wenn es zum Beispiel nur einen schwarzen Kreis auf einem weißen Hintergrund enthält, genügt es, die Lage des Kreismittelpunktes, den Kreisradius sowie den „Schwärzegrad“ anzugeben. Damit wird das Foto gedrängt und absolut exakt beschrieben.

Natürlich ist das ein sehr einfaches Beispiel. Die reale Aufgabe, die erhaltenen Angaben zu komprimieren, ist unvergleichlich schwieriger. Doch kann mit solch einer Komprimierung ein hoher Nutzeffekt erzielt werden, und heute befaßt man sich in der ganzen Welt mit Forschungen auf diesem Gebiet.

Die registrierten und komprimierten Werte werden in den Speicher eingegeben und anschließend zur Erde übermittelt. Hin und wieder kommt es bei der Übermittlung zu einer Verzerrung der Werte. Um diese Möglichkeit auszuschalten, ist es erforderlich, die zu übermittelnden Angaben an Bord des Raumflugkörpers mit Hilfe von Korrekturcodes zu „schützen“, die die an häufigsten auftretenden Verzerrungen feststellen und korrigieren. Diese Kodierung bildet die dritte und abschließende Etappe der Datenverarbeitung an Bord. Sie ist wesentlich einfacher als die beiden vorausgehenden.

Diese Arbeit wird von komplizierten Bordanlagen geleistet, die faktisch spezialisierte Elektronenrechner sind. Und je komplizierter die Verarbeitungsprogramme, desto komplizierter sind auch diese Anlagen. Offensichtlich ist die Zeit nicht mehr fern, in der es zweckmäßiger sein wird, die Lösung dieser Aufgaben einem Universal-Rechner an Bord zu übertragen. In der Sowjetunion werden effektive Methoden für alle Etappen der Informationsverarbeitung an Bord erforscht und eingeführt. Die Methoden der Informationsgewinnung und der Erzielung der Störfestigkeit der Kodierung werden verbessert. Zwar wurden bis in die jüngste Zeit an Bord von Raumflugkörpern keine Vorrichtungen für das Komprimieren der Angaben angewendet, ungeachtet der großen Zahl der in dieser Richtung geleisteten Arbeiten. Doch auf der automatischen Interplanetaren Station Mars 3 ist erstmalig solch eine Vorrichtung angebracht, um die Angaben des französischen Geräts „Stereos“ zu komprimieren, das die Radiostrahlung der Sonne untersucht. Diese Anlage wurde im Institut für Weltraumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR entwickelt. Die Ergebnisse ihrer Anwendung versetzen selbst Fachleute in Erstaunen. In vielen Fällen konnte so der Umfang der Angaben bis auf ein Hundertstel und weniger verringert werden, und das bietet für die Forschung größere Möglichkeiten.

I. Schtawkow, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Weltraumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in „Prawda“ vom 10. 12. 1971 nach PdsU 150/71.

Geo-Satellitenprojekt ERTS

Aufbauend auf den mit ESSA-, NIMBUS- und ATS-Satelliten sowie GEMINI- und APOLLO-Raumschiffen gewonnenen Erfahrungen, sollen 1972 und 1973 von der NASA zwei Satelliten vom Typ ERTS (Earth Resources Technology Satellite) gestartet werden, deren Aufgabe die kontinuierliche Erdbeobachtung und -forschung ist. Das Projekt ist als Vorläufer eines Satellitensystems zu betrachten, das Mitte bis Ende der 70er Jahre zur weltweiten Überwachung des Erdballes eingesetzt werden soll.

Die ERTS-Satelliten übertragen Schwarz-Weiß- und Farbfernsehaufnahmen vom Blaugrün bis zum Infrarot-Bereich von sich überlappenden Streifen. Ferner ist ein Abtasten der Erdoberfläche nach dem Rasterverfahren im sichtbaren und infraroten Bereich vorgesehen. Die Satelliten werden ferner für Kommunikationszwecke verwendet, indem sie Daten von auf der Erde stationierten Meßapparaturen sammeln und an zentrale Auswertungsstationen übertragen. Ihre Aufnahmen dienen vor allem zur Beobachtung und Ermittlung der Pflanzenbedeckung, der Erntentwicklung, der Schnee- und Eisbedeckung, der Meeresverschmutzung sowie zur Herstellung geologischer Reliefkarten.

Die ERTS-Satelliten werden im Goddard Space Flight Center entwickelt. Sie sollen pro Woche etwa 300000 Fotos übermitteln, davon rund 60000 in Farbe. Jedes Fernsehbild besteht aus etwa 16 Mio Einzelpunkten, jedes Rasterbild aus 18 Mio. Die mit Markierungs- und Standortangaben versehenen Bilder werden auf Magnetband gespeichert oder als Fotobild Benutzern zur Verfügung gestellt.

In ihrer äußeren Form gleichen die ERTS-Satelliten weitgehend denen des NIMBUS-Typs. ERTS A soll im Frühjahr 1972 von der Western Test Range in eine zirkuläre, sonnensynchrone Bahn in rund 900 km Höhe gebracht werden. ERTS B soll 1973 folgen. Die Betriebsdauer wird mit einem Jahr je Satellit veranschlagt.

Nach: Weltraumfahrt, 21 (1970) 6, S. 186/187 und Presseinformationen.

Italienisches Satellitenprojekt SIRIO

SIRIO ist die Bezeichnung eines italienischen experimentellen Nachrichtensatelliten, der 1972 in eine geostationäre Umlaufbahn gebracht werden soll. Der knapp 400 kg schwere Satellit wird Experimente zur Gewinnung von Erfahrungen für den Einsatz von Nachrichtensatelliten der nächsten Generation durchführen, insbesondere auch für die von westeuropäischen Staaten bzw. Organisationen vorgesehenen Fernseh-Verteilersatelliten. Das Hauptinteresse gilt dabei der Erschließung neuer Frequenzbereiche oberhalb 10 GHz, da mit den derzeit für Nachrichtensatelliten zugewiesenen Bereichen von 4 und 6 GHz künftig nicht alle Möglichkeiten ausschöpfbar sind, die die Nachrichtensatellitentechnik bietet.

Mit dem SIRIO-Satelliten sind Ausbreitungs- und Übertragungsversuche im Bereich von 12-18 GHz geplant. Neben Streu- und Dämpfungsmessungen sowie Übertragungsexperimenten mit PCM- und Fernsehsignalen sind auch Messungen des atmosphärischen Rauschens sowie der kosmischen Strahlung vorgesehen. Des weiteren sollen Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung von irdischen Funkverbindungen und Satellitenfunkverbindungen vorgenommen werden.

Eine experimentelle Bodenstation für das SIRIO-Projekt errichtet u. a. die Post der BRD in Leehelm südlich Frankfurt/M. Sie soll im Frühjahr 1972 einsatzbereit sein.

Nach: Presseinformationen AEG-Telefunken.

H. D. N.

1972	Planetensichtbarkeit (I)											
Monat	Planet geht vor der Sonne auf					Planet ist die ganze Nacht sichtbar	Planet geht nach der Sonne unter					un-sicht-bar in Dämme-rung
	un-sicht-bar in Dämme-rung	Stunden					Stunden				un-sicht-bar in Dämme-rung	
		2	3	4	4		3	2	1			
Jan.	♀	4				♂ ♂			♀			
Febr.			4			♂ ♂		♀			♀	
März				4			♂ ♂ ♀			♀		
April	♀				4		♀ ♂ ♂	♂				
Mai	♀					4		♀ ♂ ♂			♂	
Juni	♂					4			♂ ♂	♀		
Juli			♀ ♂			4				♀ ♂		
Aug.	♀			♀	♂	4					♂	
Sept.	♂ ♀				♀ ♂		4				♀	
Okt.		♂			♀	♂		4			♀	
Nov.			♂	♀		♂			4		♀	
Dez.			♀ ♀ ♂			♂				4		

Albert

1972	Planetensichtbarkeit (II)									
	Tabelle gibt Örter der Planeten in den Sternbildern des Tierkreises an									
	Monat	Sonne ☉	Merkur ☿	Venus ♀	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄	Uranus ♅	Pluto ♇	Neptun ♆
Jan.		♈ / ♏	♏ / ♈	♏ / ♏	♏	♏ / ♈	♏	♏	♏	♏
Febr.		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏				
März		♏ / ♏	♏	♏ / ♏	♏ / ♏					
April		♏ / ♏	♏	♏	♏					
Mai		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏					
Juni		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏					
Juli		♏ / ♏	♏ / ♏	♏	♏ / ♏					
Aug.		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏					
Sept.		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏					
Okt.		♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏					
Nov.		♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏					
Dez.		♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏	♏	♏	♏	♏	♏

Albert



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Röntgen- und Gamma-Astronomie · Wolf-Dieter Zimmer	65
Supernovaentdeckungen seit 1885 · Dr. Siegfried Marx	68
513 Mondkrater erhielten Namen · (Fortsetzung)	71
Objektivprismaaufnahmen · Dr. Siegfried Marx	74
Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohres · Heinz Albert 3. und 4. Umschlagseite	

Amateure beobachten und berichten

Die fotografische Beobachtung der Planeten · Dr. Karl Sigmund	75
Marskarte aus Beobachtungen während der Opposition 1971 · Jörg Mosch	Bildteil S. I

Bildteil

Marsaufnahmen von Mariner 9 — Ausschnitt aus einer Objektivprismaaufnahme im Cygnus — Blick auf die Volkssternwarte in Belogradschik (Bulgarien)	S. II—IV
---	----------

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Kopernikus-Jugendwettbewerb — Fachgruppe Leipzig: Tätigkeitsbericht 1971 — Fachgruppe Eilenburg: Tätigkeitsbericht 1971	81
--	----

Aus der Literatur

Die Vermessung des Mondes	83
Sowjetisch-amerikanische Raumfahrtkooperation — Verändert der Mensch die Oberflächen- temperatur der Erde? — Jupitermodell	84
Irdische Mikroorganismen überleben auf dem Mond — Französische Solarzellen für Raum- fahrtanwendungen — Der Mond — ein Erdkontinent	85

Buchbesprechungen

Kenntnis vom erdnahen Raum	85
Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten	86

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Der Internationale Fernmeldeverein fördert die Erforschung des Weltraums (Fortsetzung) · Dr. Harry Fellhauer/Stelzner	87
Besuch bei der Bulgarischen Astronautischen Gesellschaft · Dr. D. B. Herrmann	92
Die Apollo-J-Serie — Einschränkung kontra Erweiterung · W. D. Fromm	94

Redaktionsschluß 13. 3. 1972

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1003 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 42 97 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1400/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

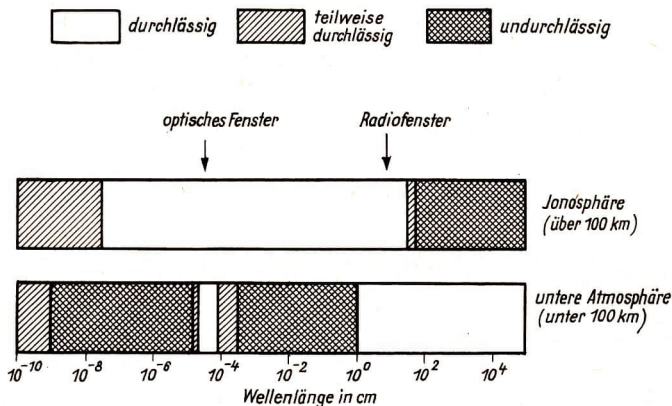
Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Röntgen- und Gamma-Astronomie

WOLF-DIETER ZIMMER

Die Astronomie ist bei ihrer Forschung hauptsächlich auf die aus dem Weltall kommende elektromagnetische Strahlung als Informationsträger angewiesen. Wie Abb. 1 zeigt, ist der auf der Erde zugängliche Teil des gesamten Spektrums im wesentlichen auf den optischen Bereich und das sogenannte „Radiofenster“ beschränkt. Die Ursache dafür ist die Absorptionswirkung unserer Atmosphäre.

Abb. 1: Durchlässigkeit der Erdatmosphäre für Strahlung verschiedener Wellenlänge.



Insbesondere das Gebiet der Gamma- und Röntgenwellen kann nur mittels Raketen, Satelliten oder Ballons beobachtet werden. Beide Bereiche werden dabei heute mehr aus historischen Gründen gegeneinander abgegrenzt. Sie unterscheiden sich, abgesehen von ihrer teilweise unterschiedlichen Entstehung, lediglich dadurch, daß die Gammaquanten eine höhere Energie als die Photonen der Röntgenstrahlung besitzen.

Gemäß:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

wollen wir daher vereinbaren, daß Gammastrahlen Photonen mit einer Energie größer als 0,1 MeV und einer Wellenlänge λ von weniger als 0,01 nm sind.

Die Forschungen auf dem Gebiet der Gamma- und Röntgenastronomie zeigten eine Einteilung durch die Tatsache, daß sowohl Punktquellen als auch diffuse Strahlungen in diesem Wellenbereich existieren.

Die erste Röntgenquelle, die entdeckt wurde, befindet sich im Sternbild Scorpius. Die damals angewendete Technik ist auch für die heutigen Untersuchungen noch charakteristisch. Geigerzähler oder entsprechende Nachweisgeräte mit einem begrenzten Gesichtsfeld überstreichen durch die Rotation einer Rakete die Himmelskugel. Veränderungen der Zählrate zeigen dann die Existenz von Quellen an.

Ein Problem der Erforschung von punktförmigen Quellen ist ihre Identifikation mit optisch beobachteten Objekten und die Erklärung der Entstehungsmechanismen der Röntgenstrahlung. Dazu kann

man prinzipiell zwei Wege beschreiten: entweder Ortsstatistik betreiben oder einzelne Quellen genauer untersuchen.

Die überwiegende Mehrheit der bislang entdeckten Röntgenquellen ist galaktischer Natur. Extragalaktische Röntgenobjekte konnten bis in die jüngste Zeit eindeutig nur den Radioquellen Cygnus A (Schwan) und Virgo A (Jungfrau) zugeordnet werden. Außer diesen beiden werden auch noch einige andere der 50 bisher bekannten Röntgenquellen mit Quellen intensiver Radiostrahlung identifiziert.

Betrachtet man die oben erwähnte zuerst entdeckte Röntgenquelle Sco X1, so führt ein Vergleich der Energieausstrahlung im optischen und im Röntgenwellenbereich auf das Verhältnis von rund 1 : 1000 (!). Bezeichnend für diese Objekte ist insbesondere die unregelmäßige Variation der Helligkeit in beiden Wellenlängenbereichen.

Hinsichtlich der statistischen Verteilung gehen die Meinungen der Wissenschaftler auseinander. Eine große Gruppe von Astronomen versucht, die Röntgenquellen in Verbindung mit den Spiralarmen unserer Galaxis zu bringen. Abweichend davon sind die Deutungen der Röntgenquellen als ehemalige Novae oder planetarische Nebel. Speziell die Spektreigenschaften und die zeitliche Variabilität dieser Objekte werden damit in Zusammenhang gebracht.

Die Frage des Entstehungsprozesses der Röntgenstrahlung ist gleichfalls noch nicht restlos geklärt. Die beobachteten Intensitätsverteilungen im Röntgenbereich lassen noch keine eindeutigen Schlüsse zu, ob diese Strahlung als thermische Bremsstrahlung oder als Synchrotronstrahlung entsteht. Thermische Bremsstrahlung wird von schnellen Elektronen abgegeben, wenn sie in den elektrischen Feldern von Ionen abgebremst werden, während die Synchrotronstrahlung bei der Bewegung von ge-

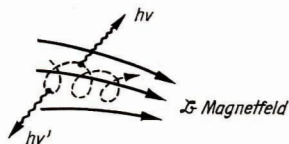
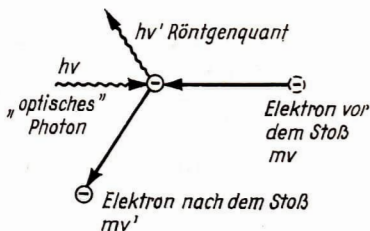


Abb. 2, oben: Entstehung magnetischer Bremsstrahlung (Synchrotronstrahlung).
Abb. 3, rechts: Streuung von Elektronen an Photonen (inverser Compton-Effekt).



ladeten Teilchen, speziell Elektronen, in Magnetfeldern entsteht. Diesen letztgenannten Vorgang verdeutlicht Abb. 2.

Die gleichfalls vorhandene diffuse Röntgen-Hintergrundstrahlung weist eine starke Isotropie auf. Das deutet auf einen extragalaktischen Ursprung hin. Von der Mehrzahl der Wissenschaftler wird vermutet, daß sie durch einen inversen Compton-Effekt entsteht (Erläuterung siehe Abb. 3). Hierbei wird insbesondere die Möglichkeit diskutiert, daß extragalaktische Elektronen mit den Photonen der sogenannten 3 K-Strahlung in Wechselwirkung treten, diese dabei nachbeschleunigen und so in den Röntgenbereich bringen. Umstritten ist auch noch der Versuch, die Entstehung des diffusen Röntgenhintergrundes auf ein dichtes, heißes Plasma zurückzuführen.

Wie schon erwähnt, wird die Gamma-Astronomie von der Röntgenastronomie mehr aus historischen Gründen abgegrenzt. Es werden daher gemäß unserer Vereinbarung Messungen oberhalb 0,1 MeV kurzerhand als Gamma-Astronomie bezeichnet. Damit wird insbesondere die Elektronen-Positronen-Vernichtungsstrahlung von 0,5 MeV erfaßt, und auf diese Weise konnten die ersten Gamma-Punktquellen entdeckt werden. Es sind dies die in diesen Spektralbereich hineinragenden Energieverteilungen der Quellen Tau A und Cygnus X1. Die eigentliche Gamma-Astronomie zu betreiben, das heißt z. B. Kernquanten der bei Supernovae-Explosionen oder hochenergetischen Wechselwirkungen der kosmischen Strahlung mit interstellarer Materie entstehenden angeregten Kerne zu untersuchen, ist gegenwärtig experimentell noch unmöglich.

Eine wesentlich neue Quelle ergibt die Beobachtung des Zerfalls neutraler π -Mesonen hauptsächlich in Richtung des galaktischen Zentrums. Das Zerfallsspektrum dieser Strahlung ist charakterisiert durch

$$E_1 \cdot E_2 = \left(\frac{m_{\pi^0} c^2}{2} \right)^2$$

worin E_1 und E_2 die beiden zur gleichen Intensität unterhalb und oberhalb des Zerfallsmaximums gehörenden Energiewerte sind. Diese Strahlung spiegelt in ihrer spektralen Verteilung das Spektrum der primären π^0 -Mesonen wider.

Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß aufgrund der ungehinderten, d. h. nicht von interstellarer Absorption beeinflussten, Ausbreitung der Gammastrahlen unmittelbar aus deren Beobachtung Rückschlüsse auf die räumliche Verteilung sowohl kosmischer Teilchen als auch des interstellaren Gases möglich sind.

Dies ist deswegen berechtigt, weil die primären π^0 -Mesonen bei Zusammenstößen der kosmischen Strahlung mit Kernen des interstellaren Gases entstehen. Die von Satelliten durchgeführten Messungen ergaben z. B., daß die Elektronenkomponente der kosmischen Strahlung in der Metagalaxis mindestens 30mal geringer ist als in unserer Galaxis.

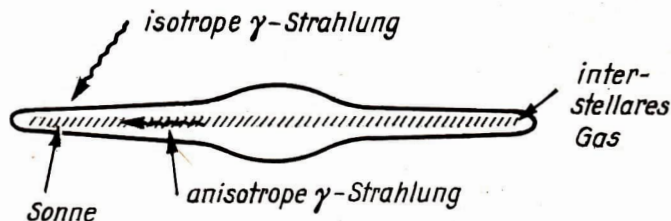
Die extragalaktische Gammastrahlung kommt von allen Seiten gleichmäßig auf uns zu. Im Gegensatz dazu zeigt die Gamma-Strahlung galaktischen Ursprungs ein stark anisotropes Verhalten. Sie konzentriert sich im wesentlichen in Richtung des galaktischen Zentrums (s. Abb. 4). Ziehen wir den obengenannten Erklärungsmechanismus zu Rate, so liegt das daran, daß sich in Richtung des Zentrums auch das interstellare Gas konzentriert.

Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen der Gamma-Strahlung diskreter Quellen. Zu erwähnen sind hierbei solche Gebilde wie die Supernovae, die Radiogalaxien, die nichtstationären Kerne von Galaxien und die sogenannten Quasare. Als bekanntestes dieser Objekte sei der Krebs-Nebel genannt. Bemerkenswert ist, daß einige der Punktquellen-Theorien des Röntgenbereiches Gammastrahlung voraussagen.

So diskutiert ein Autor z. B. in seiner Supernovaetheorie die Entstehung einer Stoßwelle bei der Sternexplosion. Diese Stoßwelle würde bis zum Durchbruch an die Oberfläche eine Temperatur von 10^5 eV erhalten. Durch den Doppler-Effekt würden dann anschließend von der Oberfläche abgestrahlte Photonen in einen Bereich von etwa 2 GeV angehoben. Zwei andere Autoren haben bei ihren Untersuchungen über die Entstehung der kosmischen Strahlung darauf hingewiesen, daß Massenlagerungen an Neutronensternen thermische Bremsstrahlung erzeugen.

Abb. 4:

Darstellung der Verteilung von Strahlung und interstellarer Materie in unserer Galaxis.



Beiträge zur Gamma-Strahlung sind auch von anderen Prozessen noch zu erwarten. Noch erwähnt sind hier die Extrapolation des inversen Compton-Effekts im Röntgengebiet zu höheren Energien hin.

Wenn wir von der Erforschung der Röntgenstrahlung der Sonne absehen, sind jedoch bislang relativ wenig Experimente durchgeführt worden, und man darf über allen positiven Resultaten nicht die Schwächen dieses gerade erst entstandenen Zweiges der Naturwissenschaften vergessen (z. B. die experimentellen Schwierigkeiten bei der Untersuchung der Gamma-Strahlen und die geringe Winkelauflösung der zum Teil vorhandenen Instrumente).

Andererseits zeigen jedoch schon die ersten Versuche, daß hier eine neue aussichtsreiche Methode zur Erforschung des Kosmos gefunden wurde. Mit Sicherheit sind deshalb auch von diesem Zweig der Astronomie in nächster Zeit noch interessante Ergebnisse zu erwarten.

Supernovaentdeckungen seit 1885

Dr. SIEGFRIED MARX

Die erste Aufzeichnung über die Beobachtung eines plötzlich sehr hell aufleuchtenden Sternes stammt aus dem Jahre 1054. Heute wissen wir, daß es sich dabei um eine galaktische Supernova handelte. Die bei dieser Sternexplosion abgeschleuderte Gashölle beobachten wir noch heute und nennen sie Crab-Nebel. Die Entfernung des Crab-Nebels beträgt etwa 1000 pc, also 3260 Lichtjahre. Das heißt, daß die Sternexplosion, die 1054 beobachtet wurde, sich etwa um 2200 v. d. Z. ereignete. Weitere galaktische Supernovae wurden 1572 (Tychonischer Stern) und 1604 (Kepler-Supernova) registriert. 1885 wurde dann mit S Andromedae (S And) erstmals eine extragalaktische Supernova nachgewiesen. Ihr folgten bis zum Beginn der 30er Jahre unseres Jahrhunderts weitere 19 zufällige Entdeckungen. Baade und Zwicky lenkten 1932 die Aufmerksamkeit der Astronomen auf diese besondere Klasse von Sternen und organisierten eine systematische Suche nach „explodierenden Sternen“. Innerhalb dieses Überwachungsprogramms ist man dann natürlich auch wieder auf den Zufall angewiesen, denn Zeitpunkt und Ort des Aufleuchtens einer Supernova lassen sich in keiner Weise vorhersagen. Trotzdem gelang es, bis zum Mai 1971 300 Objekte zu entdecken. Abb. 1 zeigt die pro 5 Jahre seit 1885 gefundenen Supernovae. Man erkennt deutlich die Zunahme der Entdeckungen mit Beginn der systematischen Suche in den Jahren 1935 bis 1950. Diese systematische Suche ist aber nicht die alleinige Ursache für die erhöhte Neuentdeckungsrate. Etwa 1930 wurde der erste Schmidt-Spiegel gebaut, mit dem größere Himmelsfelder photographisch beobachtet werden können. 1936 wurde dann auch das 18 zöllige Schmidt-Teleskop auf dem Palomar Mountain in Betrieb genommen und für die Supernovasuche eingesetzt. Diese Tatsache ist ebenfalls wichtig für den Erfolg der Supernovaentdeckungen.

Der negative Einfluß des zweiten Weltkrieges auf wissenschaftliche Arbeiten ließ den zu erwartenden weiteren Anstieg ausbleiben; und in den nächsten 10 Jahren ging die Zahl der Neuentdeckungen sogar zurück. Der neue Anstieg, der etwa 1960 beginnt, ist im Zusammenhang mit einer wissenschafts-

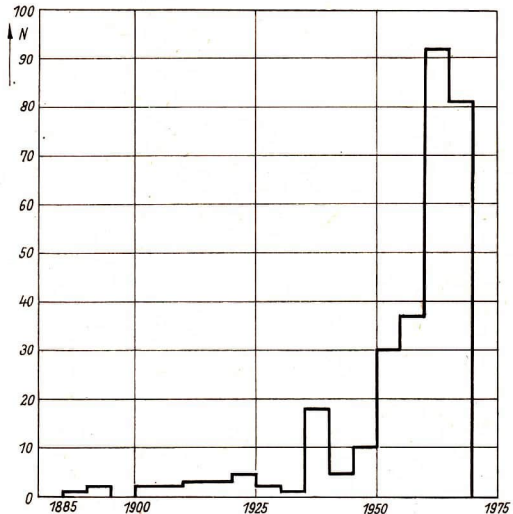


Abb. 1:
Anzahl der neu-
entdeckten Super-
novae pro fünf Jahre.

organisatorischen Maßnahme zu sehen. Auf Initiative von Zwicky wurde 1961 anlässlich der Tagung der Internationalen Astronomischen Union in Berkeley (USA) innerhalb der Kommission 28 (Galaxien) die Unterkommission „Supernova-Forschung“ gegründet. Sie hat die Aufgabe, die Arbeiten der systematischen Supernova-Suche zu koordinieren. Abb. 1 zeigt die Richtigkeit dieser Maßnahme und den Erfolg der neuen Kommission.

In Abb. 2 ist die Anzahl der jährlichen Entdeckungen seit 1951 wiedergegeben. Im 6. Jahrzehnt wurden im Mittel 6,7 Supernovae pro Jahr gefunden, im 7. Jahrzehnt bereits 17,1. Interessant ist auch die Verteilung der bekannten Supernovae über die scheinbaren Helligkeiten, die sie im Maximum

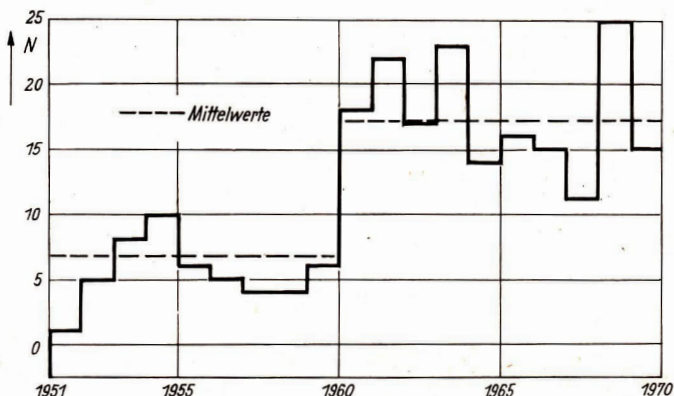


Abb. 2: Anzahl der neuentdeckten Supernovae pro Jahr seit 1951.

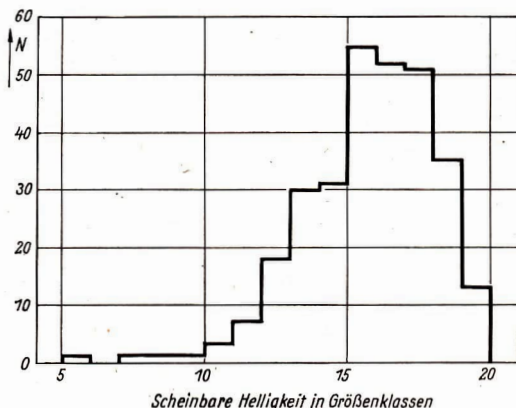
erreichen. Daraus kann auch der Amateur ersehen, ob es bei seiner instrumentellen Ausrüstung möglich ist, sich an der Supernovasuche zu beteiligen. Der Anstieg der Häufigkeitskurve in Abb. 3 ist begründet in der tatsächlichen Zunahme der Objekte mit abnehmender scheinbarer Helligkeit, da man bei diesen Objekten immer größere Räume erfaßt. Die Abnahme der Häufigkeitskurve unter der 16. Größenklasse hat ihre Ursache in der kleiner werdenden Entdeckungswahrscheinlichkeit mit abnehmender scheinbarer Helligkeit. Eine Maximalhelligkeit von mehr als 15 Größenklassen erreichten bisher 31 % aller Erscheinungen.

Zwicky hat bereits darauf hingewiesen, daß **Amateure bei der Suche nach Supernovae mitarbeiten können**. Er sah besonders drei Richtungen für die Beobachtungsarbeiten. Einmal geht es um die Erfassung möglichst vieler Objekte, auch solcher in weit entfernten Galaxien, für statistische Arbeiten. Hier müssen große Teleskope für die Entdeckung eingesetzt werden. Bei Überwachung von Galaxien, die heller als die 15. Größenklasse sind, können schon mittlere Instrumente, wie sie vielfach den Amateuren zur Verfügung stehen, wirksam werden. Diese Entdeckungen müssen dann schnellstens den Observatorien mit Großinstrumenten mitgeteilt werden, da mit den Großinstrumenten bei den helleren Objekten schon Detailuntersuchungen möglich sind (Gewinnung von Spektren, Bestimmung der absoluten Helligkeit usw.). Ferner weist Zwicky darauf hin, daß die Auffindung von Supernovae in den Sternsystemen der Lokalen Gruppe wichtig ist. Hier könnte auch ein spezielles Beobachtungsfeld der Amateure liegen. Es wäre dadurch möglich, lückenlose Beobachtungsreihen zu erhalten. Man darf aber nicht übersehen, daß es eine Arbeit ist, die sehr viel Geduld verlangt.

Die z. Zt. bekannten 300 Supernovae traten in 279 verschiedenen Galaxien auf. Im Sternsystem NGC 5236 und im Sternsystem NGC 6946 traten jeweils 4 Supernovae auf. In NGC 5236 in den Jahren 1923, 1950, 1957 und 1968, in NGC 6946 in den Jahren 1917, 1939, 1948 und 1968. Die Verteilung insgesamt geht aus Tabelle 1 hervor.

Von Zwicky werden nach den Lichtkurven der Supernovae und ihren spektroskopischen Eigenheiten fünf verschiedene Grundtypen unterschieden. Abb. 4 zeigt die Lichtkurven der fünf Typen. Von

Abb. 3:
Verteilung der
bekannten
300 Supernovae
über die scheinbare
Helligkeit, die sie
im Maximum
erreichen.



den 300 erfaßten Objekten sind für 87 der Typ, zu dem sie gehören, angegeben. 81 lassen sich in die Skala einpassen, 6 Objekte können nicht eingeordnet werden und bilden die Gruppe „peculiar“. Betrachtet man nun die Verteilung der verschiedenen identifizierten Typen auf die Klassen von Sternsystemen, so zeigt sich, daß die überwiegende Mehrheit (86 %) in den Spiralsystemen auftritt.

Tabelle 1:

Zahl der Supernovae pro Galaxie	Zahl der Galaxien	Gesamtzahl der Supernovae
4	2	8
3	3	9
2	9	18
1	265	265
	279	300

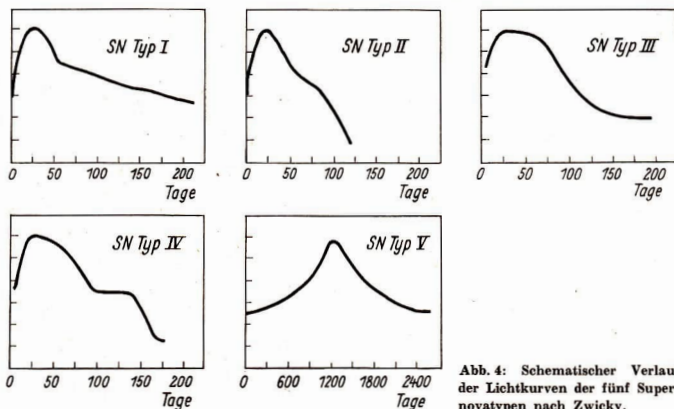


Abb. 4: Schematischer Verlauf der Lichtkurven der fünf Supernovatyphen nach Zwicky.

Die restlichen 14 %, die auch in anderen Sternsystemen vorkommen, gehören nun wieder alle dem Supernovatyptyp I an. Diese Tatsache ist aus Tabelle 2 zu ersehen.

Tabelle 2:

Sternsystemklasse	Supernovatyptyp		III	IV	V	peculiar
	I	II				
Spiralsystem	36	27	2	1	3	6
Elliptisches System	9					
Irreguläres System	2					
peculiar	1					

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung

Tyndall 35 S 117 E

John (1820–1893), britischer Physiker; Professor, Naturphilosophie, Königliches Institut Großbritannien; studierte die Absorption und Strahlung von Wärme durch Gase und Dämpfe mit Anwendungen auf die Meteorologie; erklärte die Bläue und die Polarisation des Himmelslichtes; präsentierte die experimentelle Widerlegung der Theorie der spontanen Entstehung; Streuung von Licht.

Valier 7 N 174 E

Max (1895–1930), deutscher Raketenwissenschaftler, Pionier der Raketentechnologie; Autor von „Fortschritt im Welt-raum“ (1924); Forschungen über Feststoff- und Flüssigtreibstoffraketen; Tod bei der Explosion einer Testrakete.

Van de Graaff 27 S 172 E

Robert J. (1901–1967), USA-Physiker, MIT; Hochspannung Eng. Corp.; entwickelte einen elektrostatischen Hochspannungsgenerator; Forschungen in der Kernphysik.

Van den Bergh 31 N 159 W

G. (1890–1966), Professor des Zivilrechts, Amsterdam, Periodizitäten bei Verdunkelungen; er war in der Lage, in zwei Büchern die Tabellen von Oppolzer zu überprüfen und zu korrigieren.

Van der Waals 44 S 119 E

Johannes D. (1837–1923), holländischer Physiker; Professor der Universität Amsterdam; 1910 Nobelpreis für Physik für die Zustandsgleichung von Gasen und Flüssigkeiten; Kontinuität von gasförmigen und flüssigen Zuständen.

Van Gent 16 N 160 E

H. (1900–1947), holländischer Astronom, Leiden, Johannesburg; Südliche Veränderliche Sterne.

Van Gu 11 S 139 W

(etwa 1500), chinesischer Erfinder; der Legende nach konstruierte er eine bemannte Rakete aus zwei kastenförmigen Dra-chen und einem Sitz sowie 47 Feststoffraketen, kam beim Startversuch um.

Van Maanen 36 N 127 E

Adriaan (1884–1946), holländisch-amerikanischer Astronom, Mt. Wilson-Observatorium; Forschungen über Parallaxen und Eigenbewegungen von Sternen, Bewegungen von galaktischen Haufen und Veränderlichen Sternen.

Van Rhijn 52 N 145 N

Pieter J. (1886–1960), holländischer Astronom; Laboratoriumsdirektor, Professor der Universität Gröningen; (mit Kapteyn) bestimmte er die Anzahl der Sterne in der Galaxis mit 30×10^4 , modernisierte das Werk Kapteyns auf dem Ge-biet der stellaren Statistik.

Van ten Hoff	62 N	133 W
Jacobus H. (1852–1911), holländisch-deutscher Chemiker; Universität Amsterdam, Leipzig, Berlin; ein Vater der physikalischen Chemie; entwickelte ein Gesetz, das die Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts von der Temperatur darstellt; Partialdruck gelöster Substanzen, elektrolytische Dissoziation; Stereochemie des Kohlenstoffatoms; Nobelpreis 1901.		
Van Wijk	63 S	119 E
Uco (1924–1966), deutsch-amerikanischer Astronom; Universität Princeton, Universität Maryland; Dynamik galaktischer Haufen, Sternbewegungen, Sterne hoher Geschwindigkeit; photoelektrische Photometrie.		
Vashakidze	44 N	93 E
M. H. (1909–1956), sowjetischer Astronom, Abastumani-Observatorium; Sonnenkorona; Verteilung der Sterne im Raum (Vashakidze-Oort-Methode); entdeckte die Polarisation des Lichtes vom Crab-Nebel.		
Vavilov	1 S	139 W
Nikolai (1887–1943), sowjetischer Botaniker; Direktor des Instituts für Genetik bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR; Genetik und Immunologie von Pflanzen.		
Vavilov		
Sergei I. (1891–1951), sowjetischer Physiker, Moskau; Forschungen über Optik, bes. photolumineszente Phänomene, Verhältnis von Licht zur Abbildung sowie optische Physiologie; Lumineszenz.		
Vening Meinesz	0	163 E
Felix A. (1887–1966), holländischer Geophysiker; Geodät; Professor der Universität Utrecht; Forschungen über Erdkruste und Erdmantel, Gravitationsfeld; Bestimmungen der Gravitation auf See; Form der Erde.		
Ventris	5 S	158 E
Michael G. F. (1922–1956), englischer Architekt; entzifferte die Minoisch-mykenische lineare B-Schrift, erkannte im Gegensatz zur vorherrschenden Meinung, daß die Menschen des 16. bis 12. Jhdts. v. u. Z. in der Ägäis eine frühe Form von Griechisch sprachen; er bewies so, daß Homers Mykenen Griechen waren.		
Vernadsky	23 N	130 E
Vladimir I. (1863–1945), sowjetischer Mineraloge; Professor der Universität Moskau, Direktor des Staatlichen Radium-Institutes Leningrad, Gründer des biogeochemischen Laboratoriums; Forschungen über Geochemie, Isomorphismus chemischer Elemente, Meteoriten, Mikroorganismen in der Biogeochemie der Erdkruste.		
Vesalius	3 S	115 E
Andreas (1514–1564), flämischer Anatom; Physiker Karls V.; Begründer der modernen Anatomie, basierend auf seinen Zergliederungen menschlicher Kadaver; standardisierte Form und Bedeutung der anatomischen Nomenklatur; erfand medizinische Zangen.		
Vetchinkin	10 N	131 E
Wladimir P. (1888–1950), sowjetischer Physiker, Ingenieur; Aerodynamik, Theorie des Raketenflugs; Analysen der Flugzeugbelastung; Theorie von Schiffsschrauben („Vetchinkin“ Verwirbelungsoberfläche“).		
Villev	6 S	144 E
Michail A. (1893–1919), russischer Astronom; Himmelsmechanik, Theorie der Mondbewegung, erklärte die Bewegung von Planeten und Kometen.		
Volterra	57 N	131 E
Vito (1860–1940), italienischer Mathematiker, Physiker; Professor der Universität Rom; entwickelte die Theorie der Integro-Differentialgleichungen; Theorie der Funktionalanalyse; imaginäre Variable.		
Von der Pahlen	25 S	133 W
E. (1882–1952), deutscher Astronom, Observatorium Potsdam; Sternen-Statistik.		
Von Kármán	45 S	176 E
Theodore (1881–1963), USA-Luftfahrtingenieur; Direktor der Guggenheim-Luftfahrt-Laboratorien; Direktor der Strahl-		

triebwerks-Laboratorien; Gründer der Aerojet Engineering Corp.; Pionier der Entwicklung von Hochgeschwindigkeitsraketen und Flugzeugen, Entwicklung der ersten Theorie des Überschallfluges; entwarf einen Überschall-Windtunnel; Initiator der Forschung, die das erste Überschallflugzeug entwickelte; Forschung über Mathematik, Analysis, Thermodynamik, Aerodynamik, Hydrodynamik.

Von Neumann

40 N

153 E

John (1903–1957), USA-Mathematiker; Professor, Inst. Adv. Study; entwickelte Spieltheorie; zeigte die mathematische Äquivalenz von Wellenmechanik und Matrizenmechanik; Berater verschiedener Komitees der US-Regierung, Armee, Marine, Atomenergiekommission.

Von Zeipel

42 N

142 W

E. H. (1873–1950), schwedischer Astronom; Professor, Uppsala; Sterneninneres; Massen von Sternen in Haufen; Bewegungen von Asteroiden.

Voskresensky

28 N

88 W

Leonid A. (1913–1965), sowjetischer Raketenwissenschaftler; entwickelte Methoden der Raketenprüfung, leitete Tests und Starts von geophysikalischen Raketen, erster künstlicher Erdsatellit, erste Mondsonden und Wostok-Raumschiffe.

Walker

26 S

162 W

Joseph A. (1921–1966), USA-Chefforschungspilot der NASA; Testpilot auf der X-1 und der D-558, beides raketengetriebene Flugzeuge und erster Pilot des Mondlandefahrzeuges der NASA, Testpilot des X-15 Raketenflugzeuges, das er auf 354300 ft Höhe und auf 4104 mph brachte; starb bei einem Flugzeugzusammenstoß.

Waterman

26 S

128 E

Alan T. (1892–1967), USA-Physiker; Direktor Nat. Sci. Foundation; elektrische Eigenschaften von Festkörpern, Elektronentheorie der Leitung; am bekanntesten durch seine lange Karriere im Leitungsdienst der US-Regierung für die Wissenschaft.

Watson

63 S

124 W

James C. (1838–1880), USA-Astronom; Professor der Universität Michigan, Observatoriumsdirektor; entdeckte eine Anzahl von Kometen und Asteroiden, schrieb über die Theorie ihrer Bewegung; beobachtete Sonnenfinsternisse, 1874 den Durchgang der Venus.

Weber

50 N

124 W

Wilhelm E. (1804–1891), deutscher Physiker; Professor, Göttingen; führte mit Gauß das Maßsystem der Elektrizität ein; Forschungen über Magnetismus und Elektrizität und das Verhältnis zwischen ihnen; akustische Phänomene; Wellenbewegung.

Wegener

45 N

113 W

Alfred L. (1880–1930), deutscher Geophysiker, Meteorologe; Professor, Hamburg, Graz; von ihm stammt die Hypothese der Kontinentaldrift.

Wells

41 N

122 E

H. G. (1866–1946), englischer Novellist, Journalist; einer der bedeutendsten Schriftsteller der Sciencefiction, oftmals geradezu prophetisch.

Wexler

69 S

90 E

Harry (1911–1962), USA-Meteorologe und Raumfahrtwissenschaftler; Direktor, meteorologische Forschungen im US-Wetterbüro; entwarf das Wettersatelliten-Programm; Forschung über atmosphärische und solare Strahlung; Stürme in der Hochatmosphäre; Forschungen über die Antarktis-Atmosphäre, I. G. Y.

Weyl

16 N

120 W

Hermann (1885–1955), deutsch-amerikanischer Mathematiker; Professor, Zürich; Untersuchungen über Differentialgleichungen, Topologie, Relativität und Gruppentheorie.

White

48 S

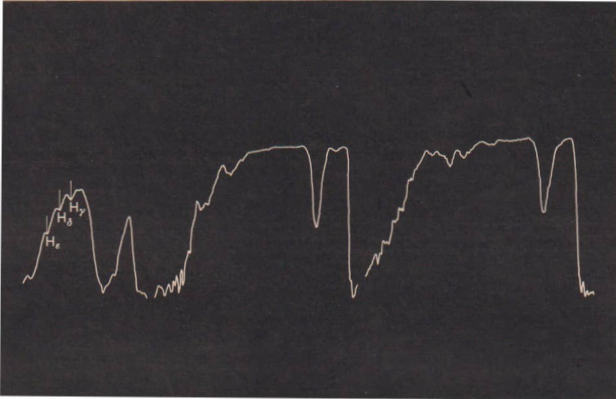
149 W

Edward H., II (1930–1967), USA-Astronaut, Lt. Col., US-Airforce; US-Militärakademie, 1952; Militärwissenschaft an der Universität Michigan, Luftfahrtingenieur; erster Amerikaner, der im Weltraum schwebte während des Fluges von Gemini 4; im Juni 1967 starb er beim Bodenfeuer des Apollo-Raumschiffes am 27. I.

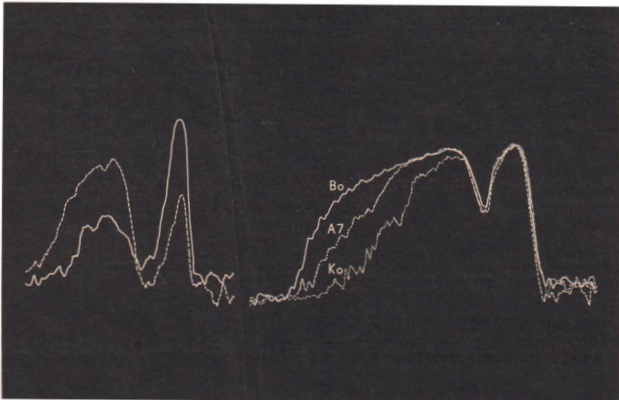
Fortsetzung folgt.

Objektivprismenaufnahmen

Jedem astronomisch Interessierten ist die Bedeutung von Spektren der Himmelskörper für die Informationsgewinnung bekannt. Eine Methode, um Spektren zu erhalten, ist die Vorschaltung eines Prismas vor die Optik einer Kamera. Man spricht dann von Objektivprismenaufnahmen. Das größte zur Zeit im Einsatz befindliche Objektivprisma hat einen Durchmesser von 100 cm und ist der Schmidt-Kamera des Astrophysikalischen Observatoriums Bjurakan (Armenische SSR) vorgesetzt.



Links: Registrierkurve des Spektrums eines A0-Sternes. Mitte: Kurve des Spektrums des Emissionslinien-Sternes HD 192 103 Spektraltyp Oa, 7^m9. Rechts: Kurve des Spektrums des Emissionslinien-Sternes 191 765, Spektraltyp Ob, 7^m9.



Links: Registrierkurven von Spektren mittlerer Schwärzung eines blauen (gestrichelte) und eines roten (ausgezogene Kurve) Sternes.
Rechts: Kurven von Spektren starker Schwärzung eines B0-Sternes, A7- und K0-Sternes.

Die Verwendung derart großer Prismen bringt viele Probleme mit sich. Einmal belasten ihre beträchtlichen Massen die Fernrohrmontierung und gefährden die Stabilität. An den Planflächen des Prismas ergeben sich aber auch zusätzliche Reflexionen, die störende Nebenbilder zur Folge haben können.

Vom VEB Carl Zeiss JENA wurde ein neuer technologischer Weg gegangen. Die Korrektionsplatte erhielt gleich selbst eine prismatische Planfläche angeschliffen. Die beiden optischen Elemente sind somit in einem Stück, der prismatischen Korrektionsplatte, vereinigt.

Eine derartige prismatische Korrektionsplatte mit einer reziproken linearen Dispersion von 2500 Ångström pro Millimeter bei H_γ wurde bereits erprobt (s. Jenaer Rundschau, Heft 6/1971). Die geringe Dispersion läßt eine hohe Reichweite der Spektralaufnahmen zu und hat wenig Überlappungen der Sternbildchen auf der Photoplate zur Folge.

Trotz der geringen Dispersion von nur 2500 Ångström pro Millimeter bei H_γ waren in den Spektren die Balmerlinien des Wasserstoffs noch gut erkennbar. Die Registrierungen der Spektren lassen Unterschiede für Sterne verschiedener Spektraltypen erkennen, wie aus den Abbildungen hervorgeht. Mit nur einer Aufnahme kann man mit diesen Spektren ohne Schwierigkeiten rote und blaue Sterne voneinander trennen. Weiterhin ist es möglich, besondere Objekte, z. B. Emissionssterne, zu finden. Mit Spektren der hier verwendeten Dispersion sind somit ohne weiteres Vorauswahlen von besonderen Objekten möglich, die man dann mit anderen Methoden im Detail weiter bearbeiten kann.

Der vom VEB Carl Zeiss JENA hier erstmals realisierte technische Weg in der Kombination von Korrektionsplatte für Schmidt-Kameras und Objektivprisma hat unbedingt zu einem Erfolg geführt und wird sicher weiter gegangen werden.

Dr. S. MARX

Die Abb. wurden mit freundlicher Genehmigung der Redaktion aus der „Jenaer Rundschau“ 6/71 übernommen.

Amateure beobachten und berichten

Die fotografische Beobachtung der Planeten

Dr. KARL SIGMUND

Vortrag im Planetenseminar des ZfA Astronomie in Dresden am 16. Mai 1971.

Neben der visuellen Beobachtung der Planeten hat die fotografische Beobachtung in den Jahren seit 1945 immer mehr Anhänger unter den Amateuren gefunden. Die qualitätsmäßige Gegenüberstellung der beiden Methoden ist wenig sinnvoll.

Während in der Sternfotografie in erster Linie die Möglichkeit der Summierung der Lichteindrücke auf der fotografischen Platte von Bedeutung ist, und damit ein unentbehrliches Mittel der modernen Astronomie auch für den Amateur wurde, hat die fotografische Beobachtung der Planeten gegenüber der visuellen für den Amateur zunächst nur Enttäuschungen bereit. Auf Grund der physiologischen Eigenschaften des Auges, das auch blickweise scharfe Bilder zu erfassen vermag, summieren sich dagegen bei der Fotografie der Planeten bei längerer Belichtungszeit die Einflüsse der Luftunruhe, die Kornunschärfe und die Fehler des Aufnahmegerätes zu einer Unschärfe, die nur selten in einem annehmbaren Verhältnis zur Schärfe der visuellen Beobachtung steht.

Um so schöner aber sind die Erfolge, wenn der Amateur dennoch das letzte aus Instrument und Platte herausgeholt hat. Darüberhinaus besitzt auch die Planetenaufnahme, wie jede Sternaufnahme den Charakter eines Dokuments, das jederzeit reproduzierbar ist.

Die Fotometrie mit Filtern, die Vermessung für Positionsbestimmungen und ähnliches sind andererseits Möglichkeiten, die die visuellen Beobachtungsergebnisse übertreffen. Zunächst möchten wir uns die grundsätzlichen Bedingungen der fotografischen Planetenbeobachtungen vor Augen führen.

Der Durchmesser des Planetenscheibchens beträgt bei einem Fernrohr von 4000 mm Brennweite beim Jupiter in Opposition (Winkeldurchmesser etwa 48") 0,93 mm, bei einer guten Marsopposition (Winkeldurchmesser etwa 24") 0,47 mm, d. h., daß der Durchmesser des Fokalbildes meist unter 1 mm liegt. Zu dieser Kleinheit kommt nun noch der Faktor der Luftunruhe, bei der in unseren Breiten ein Zittern des Sternbildes um 5" bis 10" keine Seltenheit ist und nur in Ausnahmefällen ist die Luft so ruhig, daß die Szintillation auf 0,5" bis 1" absinkt. Die Kleinheit des fokaligen Planetenbildes macht es daher erforderlich, die Brennweite des Fernrohres nach Möglichkeit zu verlängern, um ein größeres Fokaltbild zu erhalten.

Dies ist auch erforderlich, da sonst die Kornunschärfe unangenehm in Erscheinung tritt, wenn das Negativ 10- bis 20fach vergrößert werden muß, um ein ausreichend großes Bild zu erhalten. Um der Luftunruhe wenigstens teilweise zu entgehen, sind kurze Belichtungszeiten erforderlich, was wieder im Widerspruch zum immer lichtschwächer werdenden Fokalbild steht, wenn die Brennweite des Fernrohrs vergrößert wird. Das könnte zwar durch den Einsatz hochempfindlichen Negativmaterials teilweise ausgeglichen werden, doch haben hochempfindliche Emulsionen leider auch oft ein grobes Korn, was sich wieder bei der nachfolgenden Vergrößerung unangenehm auswirkt. Diesen „Teufelskreis“ zu durchbrechen, gehört zu einer der Freuden des Amateurs an der Planetenfotografie.

Die Verlängerung der Brennweite des Fernrohrs

Von der Aufnahmeoptik ist in erster Linie eine ausreichend lange Brennweite zu fordern. Sie entscheidet über die Größe des Fokalbildes. Die Brennweiten der meisten Amateurgeräte sind kaum größer als 2 m. Andererseits bringen nach K. Paetzold (Die Sterne 29, 10, 1953) Äquivalentbrennweiten über 4 m kaum einen weiteren Gewinn. Meine eigenen Erfahrungen aber sprechen dafür, daß für unsere Breiten Äquivalentbrennweiten um 8 bis 10 m das Optimum sind. Was den Durchmesser des Objektivs betrifft, so scheint es in unseren Breiten so zu sein, daß Durchmesser um 100 mm ein Optimum mit dem relativ geringsten Einfluß der atmosphärischen Störungen auf das zu erwartende Bild sind. Die Frage, ob ein Linsen- oder ein Spiegelgerät für die Planetenfotografie zweckmäßiger ist, kann ich nur aus eigener Praxis beantworten: ich habe immer nur mit Linsenfernrohren gearbeitet. Erfahrene Beobachter behaupten, daß ein Linsenfernrohr die gleiche Leistung bringt, wie ein Spiegel mit doppeltem Durchmesser. Die Restfarbfehler eines guten Refraktors spielen bei der Fotografie heute kaum eine Rolle. Obgleich die großen Rohre der Sternwarte je nach ihrem Einsatz visuell oder fotografisch korrigiert sind, gibt die visuell korrigierte Linsenoptik des Amateurs ausgezeichnete fotografische Bilder und nur bei sehr hellen Objekten wie Mond und Venus ist die Vorschaltung eines leichten Gelbfilters zu empfehlen.

Für die Planetenfotografie bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten:

1. Eine auf Unendlich eingestellte Kamera wird hinter das auf Unendlich eingestellte Okular des Fernrohrs gehalten, dann wird belichtet. Diese Methode ist wohl nur bei Mond- und Sonnenaufnahmen wirklich aussichtsreich. Wegen der Augenfehler eines Beobachters ist es schon nicht ganz einfach, das Okular tatsächlich auf den Punkt „Unendlich“ einzustellen.
2. Fokalaufnahmen. Hier muß erst durch Probeaufnahmen der genaue Fokus des fest gekoppelten Systems Kamera-Rohr gesucht werden. Beiden Probeaufnahmen ist nicht die schmalste Sternspur, sondern die beste Schwärzung unter dem Mikroskop für die beste Einstellung zu wählen.
3. Projektionsaufnahmen durch ein optisches System, womit eine scheinbare Verlängerung der Brennweite erreicht wird. Eine weitere Methode der Brennweitenverlängerung ist der Einsatz einer Barlow-Linse.

Die Barlow-Linse

Zur Brennweitenverlängerung durch die Barlow-Linse wird kurz vor dem Brennpunkt des Objektivs eine Linse mit negativer Brennweite (Zerstreuungslinse) in den Lichtweg eingeschaltet und das neue, jetzt deutlich vergrößerte Fokalbild entsteht wenige Zentimeter hinter dem ursprünglichen Brennpunkt. Durch die Barlow-Linse wird ein Verlängerungsfaktor erhalten, mit dem die Brennweite des Objektivs multipliziert die Äquivalentbrennweite des zusammengesetzten neuen Systems ergibt.

Der Faktor n errechnet sich nach der Formel

$$n = \frac{f_B}{f_B - a} \quad (1)$$

f_B = Brennweite der Barlow-Linse (positiv genommen)

a = Abstand Barlow-Linse — Brennpunkt des Objektivs.

Der Brennpunkt des zusammengesetzten neuen Systems liegt b cm hinter der Barlow-Linse, wobei

$$b = n \cdot a \quad (2)$$

n = Verlängerungsfaktor der im Abstand a eingesetzten Barlow-Linse.

Um die guten Eigenschaften des Objektivs nicht zu stören, sollte der Verlängerungsfaktor n nicht größer als 2 bis 3 sein. Die Barlow-Linse selbst sollte nach Möglichkeit eine gute achromatische Korrektur besitzen. Ein Beispiel für die Rechnung: ein Rohr 80/1200 soll durch eine Barlow-Linse mit der Brennweite $f_B = 75,0$ mm auf eine Äquivalentbrennweite von 3000 mm gebracht werden, das

heißt, $n = 2,5$

$$2,5 = \frac{75}{75 - a} \quad a = 75 - \frac{75}{2,5} = 45 \quad b = 2,5 \cdot 45 = 112,5$$

Die Barlow-Linse wird 45 mm vor dem Brennpunkt eingesetzt und der neue Brennpunkt liegt 112,5 mm hinter der Barlow-Linse, also 67,5 mm hinter dem bisherigen Brennpunkt.

Projektion mit Okularen und Projektiven

Eine scheinbare Verlängerung der Brennweite wird auch mit Okularen erreicht, die aus ihrer Unendlich-Stellung herausgeschoben werden. Dazu sollen nach Möglichkeit nur hochwertige achromatische Okulare verwendet werden. Am geeignetsten sind Okulare der Brennweiten $f = 15$ mm bis $f = 25$ mm. Bei Okularen kleinerer Brennweite werden die Störungen durch die Turbulenz der Atmosphäre und die Bildfehler der Linsenkombination unangenehm vergrößert und auf dem Negativ wirksam. Die Größe des projizierten Bildes F_A und der Abstand Okular-Platte g kann nach folgenden Formeln berechnet werden:

$$F_A = \frac{f_{ok} \cdot F}{e} \quad (3)$$

$$F = 4,848 \cdot 10^{-6} \cdot f_{ok} \cdot P \quad (4)$$

$$g = \frac{f_{ok} \cdot (f_{ok} + e)}{e} \quad (5)$$

Bei einer vom VEB Carl Zeiss, Jena, hergestellten Mond- und Planetenkamera ist das Prinzip der Projektionsmethode verwirklicht. Anstelle der üblichen Okulare werden dabei besondere Projektive 1:4 und 1:6,3 verwendet, mit denen die Äquivalentbrennweite um das Vierfache bzw. um das 6,3 fache der normalen Brennweite des Objektivs verlängert werden kann. Durch die in der mitgelieferten Plattenkamera eingebaute Barlow-Linse kann die Brennweite des normalen Objektivs und die Äquivalentbrennweite des Projektionssystems Objektiv-Projektiv nochmals um den Faktor $n = 2$ verlängert werden. Mitgelieferte oder selbstgefertigte Farbfilter können auf die Projektive aufgesteckt werden. Außer der Plattenkamera gibt es Zwischenringe zum Anpassen von Kleinbildkameras vom Typ Praktica und Exakta sowie für eine Reihe weiterer Kamerasysteme. Ein dazwischen geschaltetes System mit einem Kontrollokular gibt die Möglichkeit der Scharfeinstellung und der Beobachtung des Objektes für einen atmosphärisch günstigen Zeitpunkt zum Belichten der Aufnahme. Die Feinfokussierung der Plattenkamera kann auch über eine Matt- oder Klarscheibe erfolgen, die anstelle der Kassetten in die Kamera eingeschoben wird. Durch einen Strahlungsteilungswürfel fallen 80 % des einfallenden Lichts auf das Fotomaterial und 20 % in das Kontrollokular. Ich arbeite seit Jahren mit diesem Gerät sowie einem 80/1200-Refraktor und bin zufrieden. Zusammen mit einem vor das Objektiv gesetzten Sonnenschirmfilter von Zeiss, der nur 0,01 % der einfallenden Sonnenenergie durchläßt, sind auch gute Sonnenbilder mit voller Fernrohröffnung möglich. Mit der Zeiss-Mond- und Planetenkamera sind je nach dem Einsatz der Projektive bei mir Äquivalentbrennweiten von 4,8 m bzw. 7,6 m möglich, die mit der Plattenkamera mit Barlow-Linse auf 9,6 m bzw. 15,2 m steigen. Allerdings ist das Öffnungsverhältnis mit dem Projektiv 1:4 nur noch 1:60, bei angesetzter Plattenkamera nur 1:120. Dabei liegen allerdings schon die Planetendurchmesser der Fokalbilder zwischen 1 und 2 mm. Durch die Methoden der Brennweitenverlängerung gelingt es zwar, das Äquivalentfokalbild zu vergrößern, doch muß auch dieses Bild noch 5-bis 10fach weitervergrößert werden. Vom Fokalbild des Objektivs sind mindestens 10- bis 20fache Vergrößerungen erforderlich. Leider wird dabei auch die Wirkung der Luftturbulenz mitvergrößert und es muß die nächste dringende Aufgabe sein, diese nach Möglichkeit auszuschalten.

Die Unruhe der Luft

Durch die unterschiedliche Dichte von Luftlinsen und durch Turbulenzbewegungen der Atmosphäre kommt es zu den Erscheinungen der Szintillation. Nach E. Bartl können zwei Komponenten dieser Störung unterschieden werden. Die Helligkeitsschwankungen werden als Szintillation im engeren Sinne bezeichnet, während die scheinbaren Ortsveränderungen als Seeing bezeichnet werden. Gerade die letzte Störung hat einen wesentlichen Einfluß auf das fotografische Bild. Während das Auge imstande ist, die wenigen Augenblicke eines klaren Planetenbildes zu erfassen und gedanklich zu fixieren, wächst mit einer Brennweitenverlängerung auch die Belichtungszeit und damit die Summierung aller Faktoren der Luftunruhe auf dem Negativ.

Wie für den visuellen Beobachter ist auch bei der fotografischen Beobachtung eine Einschätzung

der Luftunruhe von besonderer Bedeutung. Meist wird eine fünfstufige Abschätzung der Luftunruhe bevorzugt. Die beste Möglichkeit ergibt die Beobachtung des Beugungsscheibchens und der Beugungsringe im Fernrohr.

Dazu wird ein Stern mindestens 2. Größe eingestellt und sein Bild im Fernrohr beobachtet. Nach den Gesetzen der Optik wird durch die Begrenzung des Objektivs der Stern nicht als Punkt, sondern durch die Beugung an der Objektivfassung als Scheibchen mit umgebenden Beugungsringen dargestellt. Je heller ein Stern ist, desto deutlicher zeigen sich das Beugungsscheibchen und die folgenden Beugungsringe. Aus ihrer Beschaffenheit kann der Grad der Luftunruhe bestimmt und abgeschätzt werden.

Luftunruhe 1: Sicht sehr schlecht. Die Beugungsscheibchen und die Beugungsringe sind nicht zu erkennen. Der Stern erscheint als Fleck mit einem bis 4fach größeren Durchmesser als das Beugungsscheibchen. Fotografie oder Beobachtung der Planeten sind nicht möglich. Auch mit niedrigen Vergrößerungen ist kein scharfes Bild zu erhalten.

Luftunruhe 2: Sicht überwiegend schlecht. Das Beugungsscheibchen ist zeitweise zu erkennen, die Beugungsringe sind gelegentlich bruchstückweise zu sehen. Nur blickweise erkennt man Details.

Luftunruhe 3: Sicht überwiegend gut. Das Beugungsscheibchen ist ständig sichtbar, blickweise ganz scharf. Die Beugungsringe sind bruchstückweise sichtbar. Die Konturen wallen, doch sind sie zeitweise mit mittelstarken Vergrößerungen einwandfrei.

Luftunruhe 4: Sicht gut. Die Beugungsscheibchen sind ständig scharf sichtbar. Der erste Beugungsring zeitweise stabil, die übrigen bruchstückweise sichtbar. Auch bei starken Vergrößerungen ruhige und scharfe Bilder allerdings mit zeitweisen Wallungen.

Luftunruhe 5: Sicht sehr gut. Der erste Beugungsring ist völlig stabil, die anderen Beugungsringe sind zeitweise stabil. Auch bei starker Vergrößerung bleiben die Bilder ruhig und scharf.

Da diese Skala immer noch sehr subjektiv ist, hat sich in letzter Zeit auch bei uns die Beurteilung der Beugungsscheibchen und ihre Veränderung durch das Seeing durchgesetzt. Bei fokaler Beobachtung kann das Bild eines Sterns Zitterbewegungen ausführen, die bei starker Luftunruhe 5 bis 10 Bogensekunden betragen können mit einer Frequenz des Ausschlagmaximums von 5 bis 10 Hertz in der Sekunde. Die Szintillationsbewegungen können bei bester Luft bei uns bis auf 0,25 bis 1 Bogensekunde absinken. Die Messung der Turbulenz kann an Doppelsternen oder an einer geeichten Skala über ein in das Objektiv eingelegtes Meßplättchen, das an Doppelsternen geeicht ist, vorgenommen werden. C. W. Tombaugh und B. A. Smith haben danach folgende Skala vorgeschlagen:

Durchmesser des Zitterscheibchens	Bildgüte	Durchmesser des Zitterscheibchens	Bildgüte
50"	— 4	2,0"	+ 3
32"	— 3	1,3"	+ 4
20"	— 2	0,79"	+ 5
12,6"	— 1	0,50"	+ 6
7,9"	0	0,32"	+ 7
5,0"	+ 1	0,20"	+ 8
3,2"	+ 2	0,13"	+ 9

Bei der visuellen Beobachtung wird die beste Bildgüte der Beobachtungszeit eingesetzt, bei der Fotografie die mittlere Bildgüte der Aufnahmezeit.

Wenn es uns gelungen ist, für unsere Aufnahmen einen Zeitpunkt der besten Luftqualität auszunutzen, so stehen wir noch vor der Wahl der Belichtungszeit.

Die Belichtungszeit

Durch die Vergrößerung der Brennweite erhalten die Geräte sehr kleine Öffnungsverhältnisse. Das Öffnungsverhältnis definieren wir nach der Formel

$$\bar{O} = \frac{D}{f_{ob}} \quad (6)$$

Der reziproke Wert des Öffnungsverhältnisses wird Blendenwert genannt. Es ist die Zahl, die auf Fotoapparaten angegeben ist.

$$Bl = \frac{f_{ob}}{D} \quad (7)$$

Der Blendenwert bei der Projektionsmethode ergibt sich aus der Formel

$$Bl_A = \frac{g \cdot f_{ob}}{D \cdot f_{ok}} \quad (8)$$

Dazu folgendes Beispiel: $g = 20 \text{ cm}$ (Abstand Okular-Platte)

$$f_{ob} = 120 \text{ cm}$$

(Brennweite des Objektivs) $D = 8 \text{ cm}$ (Objektivdurchmesser)

$$f_{ok} = 2 \text{ cm} \text{ (Brennweite des Okulars).}$$

$$Bl_A = \frac{20 \cdot 120}{8 \cdot 2} = \frac{2400}{16} = 150; \quad F_A = Bl \cdot D = 150 \cdot 8 = 1200$$

Danach ist das Öffnungsverhältnis 1 : 150 und die Äquivalentbrennweite 1200 cm.

Ist durch Versuche die Belichtungszeit t_F für die Brennweite des Objektivs f_{ob} mit einem Objektivdurchmesser D bekannt, dann ist die Belichtungszeit t' für ein Objektiv mit dem Durchmesser D' und einer Brennweite f' durch folgende Beziehung gegeben:

$$t' = t_F \left(\frac{D \cdot f'}{D' \cdot f_{ob}} \right)^2 \quad (9)$$

Wenn die Belichtungszeit für ein Fokalbild vom Durchmesser F bekannt ist, kann die Belichtungszeit t' für ein Projektionsbild mit dem Durchmesser F_A nach folgender Beziehung gerechnet werden.

$$t' = t_F \left(\frac{F}{F_A} \right)^2 \quad (10)$$

Die Möglichkeit der Belichtungszeitmessung mit einem handelsüblichen Belichtungsmesser ist praktisch wohl nur für Mondaufnahmen möglich. Mit dem Weimarlux Cds kann das Fokalbild ausgemessen werden oder auch das Bild im Lichtschacht einer Spiegelreflexkamera senkrecht zur Mattscheibenmitte. Für den Lichtverlust im Lichtschacht und durch die Mattscheibe ist die Filmempfindlichkeit um 9 DIN geringer anzusetzen oder der Blendenwert um 3 Werte zu erhöhen.

Der Amerikaner Richard J. Levy hat in „Sky and Telescope“ Band XXIV vom Juli 1962 eine Methode der Belichtungszeitbestimmung angegeben, die allen Liebhabern empfohlen werden kann. Sie hat ihre Grundlage in der Formel

$$t = \frac{(Bl_A)^2}{E \cdot K} \quad (11)$$

Darin ist t die Belichtungszeit in Sekunden, Bl der Blendenwert und E die Empfindlichkeit des Negativmaterials in ASA-Werten gemessen.

Dabei entsprechen

12 Din	12 ASA	21 Din	100 ASA
12 Din	25 ASA	24 Din	200 ASA
18 Din	50 ASA	27 Din	400 ASA

K ist ein veränderlicher Faktor, der die Flächenhelligkeit des Objektes bestimmt. In der folgenden Tabelle ist der Faktor K für einige wichtige Objekte angeführt.

Mond schmale Sichel	$K = 10$	Sonnenfinsternis äußere Korona	$K = 0,2$
Mond vier Tage alt	$K = 20$	Sonnenfinsternis innere Korona	$K = 25$
Mond erstes Viertel	$K = 40$	Sonnenfinsternis Protuberanzen	$K = 100$
Mond zehn Tage alt	$K = 80$	Venus	$K = 200$
Vollmond	$K = 220$	Mars	$K = 120$
Mondfinsternis Halbschatten	$K = 20$	Jupiter	$K = 25$
Mondfinsternis Kernschatten	$K = 0,005$	Saturn	$K = 10$
Erdschein auf dem Mond	$K = 0,01$		

Als Beispiel wählen wir eine Jupiteraufnahme mit dem Öffnungsverhältnis 1 : 75 und 27 DIN Plattenmaterial.

$$t = \frac{75^2}{400 \cdot 25} = \frac{5625}{10000} \approx 0,5 \text{ sec}$$

Die technische Durchführung der Aufnahmen

Für die Durchführung der Aufnahmen selbst ist zu beachten, daß zur Vermeidung von Verwacklungen die Auslösung durch einen Drahtauslöser geschieht oder durch Auf- und Zudecken des Objektives durch eine Pappe oder ähnliches. Hochwertige Kameras, wie die Exakta Varex haben Belichtungszeiten bis 12 Sekunden, und nach meiner Erfahrung entsteht bei der Auslösung des Schlitzverschlusses wenigstens bei meinem Gerät keine Verwacklung.

Sorgfältig sind die wenigen Augenblicke des gestochen scharfen Bildes, frei von Luftunruhe, abzuwarten. Aufnahmen unter einer Gestirnhöhe von $h = 30^\circ$ sind wie auch Sternfeldaufnahmen allgemein wegen der Extinktion, der zunehmenden Luftunsauberkeit gegen den Horizont und der steigenden Turbulenz der Atmosphäre nach Möglichkeit zu vermeiden.

Die Szintillation zeigt erfahrungsgemäß einen gewissen Rhythmus und ist zu Beginn der Nacht und um Mitternacht sowie vor Sonnenaufgang am geringsten. Die Szintillation zeigt auch Abhängigkeit von gewissen Wettersituationen, doch ist eine Voraussage ebenso wie die Wettervorhersage immer sehr problematisch. Wind verstärkt meist die Turbulenz und damit die Szintillation der Atmosphäre. Leichter Nebel ist häufig sehr günstig, wenn das zu fotografierende Objekt dabei noch ausreichend sichtbar bleibt.

Bei Aufnahmen auf Kleinbildfilmen und Platten sollten aus Ersparnisgründen und wegen der relativen Kleinheit auch des Äquivalent-Fokalbildes jeweils mehrere Aufnahmen auf eine Platte oder Film gemacht werden. Es ist günstig, die gleichen Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtungszeit nach der obigen Formel nach Levy zu machen und neben der errechneten Zeit Aufnahmen mit doppelter und vierfacher sowie mit der halben und einem Viertel der Belichtungszeit zu versuchen.

Orthochromatisches Negativmaterial entspricht am besten der Farbenempfindlichkeit des Auges, doch sind nach meinen Erfahrungen auch hochpanchromatisch sensibilisierte Filme mit hoher Empfindlichkeit gut zu verwerten. Wegen der großen Nachvergrößerung von 10- bis 20fach des Fokalbildes und 5- bis 10fach des Äquivalentfokalbildes möchte die Aufnahme möglichst feinkörnig sein. Das kann nur mit geringer empfindlichem Negativmaterial erreicht werden.

Andererseits ist durch ein hochempfindliches Plattenmaterial eine erhebliche Herabsetzung der Belichtungszeit zu erreichen und gerade dies kann eine besondere Bedeutung für die Minderung der Darstellung der Luftunruhe haben. Ich habe selbst mit hochempfindlichem Material gute Erfolge gehabt, und Ing. Blasberg/Dresden hat mit 27-DIN-Platten hervorragende Planetenbilder (ich innerer mich solcher anläßlich der möglichen Bedeckung von β Scorpii B durch den Jupitermond I am 14. 5. 71.) erhalten.

Auf die Genauigkeit der Nachführung ist bei längeren Belichtungszeiten ganz besonderer Wert zu legen. Nur Aufnahmen bis 0,2 Sekunden im höchsten Fall 0,5 Sekunden können mit stehendem Gerät durchgeführt werden. Auswanderungen von einer Bogensekunde aus dem Fadenkreuz können bei einer mittleren Äquivalentbrennweite von etwa 10 m bereits die Grenze der Genauigkeit der fotografischen Darstellung überschreiten. Auch punktförmige Lichtquellen wie es die Sterne sind, bilden sich ja nicht als Lichtpunkte, sondern als Beugungsscheibchen ab, deren Größe h nach folgender Formel berechnet wird:

$$h = 2,44 \cdot \lambda \cdot B l = 2,44 \cdot \lambda \cdot \frac{f_{\text{Oh}}}{D} \quad (12)$$

Um diese mit Sicherheit zu vermeiden, ist eine Mindestvergrößerung von 100- bis 200fach im Leitfernrohr erforderlich. Da nur wenige Amateure ein Leitfernrohr entsprechender Größe neben dem Aufnahmefernrohr haben, muß man sich meist auf die Exaktheit der Nachführung verlassen oder versuchen, in einem Kontrollokular des Aufnahmehohes die exakte Nachführung zu überprüfen. Paetzold hat in der Zeitschrift „Die Sterne“ 29, 10, 1953, interessante Ausführungen zur Wahl des Aufnahmемaterials gemacht. Es wäre nötig, ähnliche Untersuchungen mit unserem heutigen Platten- und Filmmaterial durchzuführen. Die anderen Ausführungen zur technischen Durchführung der Aufnahmen sind auch heute noch lesenswert.

Daß sich Planetenaufnahmen auch auf Farbfilm durchführen lassen, haben in der jüngsten Vergangenheit viele Amateure gezeigt.

Auch Aufnahmen mit der Schmalfilmkamera, etwa der Bewegung der Jupitermonde, sind möglich. Stereoaufnahmen zur Auffindung von kleinen Planeten sind sehr interessant. Dabei werden zwei Sternplatten in mehrstündigem Abstand oder an zwei verschiedenen Tagen belichtet und in einem Sterogerät betrachtet. Es ist erstaunlich, wie der Planetoid anscheinend aus der Platte heraus springt.

Die Ausführungen über die Möglichkeiten der Aufnahme bei den einzelnen Planeten muß einer späteren Erörterung vorbehalten bleiben. Es wäre z. B. sehr aufschlußreich, die Venus-Dichotomie

Marskarte aus Beobachtungen während der Opposition 1971

Dat.: 1971 Aug. 10 MEZ: 1h05m
Zentr. Mer.: 37°8



Beob.: Mars 71/07 Instr.: C 150/2250 V: 140×
Luft: gut – sehr gut Filter: Marsglas Mosch
Ø 24'9

Dat.: 1971 Aug. 13 MEZ: 22h20
Zentr. Mer.: 331°1



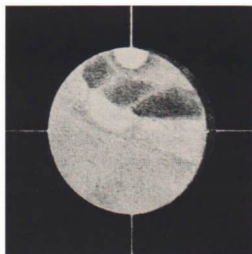
Beob.: Mars 71/08 Instr.: C 150/2250 V: 140×
Luft: gut – sehr gut Filter: Marsglas Mosch
Ø 24'9

Dat.: 1971 Aug. 29 MEZ: 23h05m
Zentr. Mer.: 199°7



Beob.: Mars 71/11 Instr.: C 150/2250 V: 140×
Luft: sehr gut, teils mäßig Filter: Marsglas Mosch
Ø 23'6

Dat.: 1971 Sept. 04 MEZ: 21m35s
Zentr. Mer.: 123°9



Beob.: Mars 71/12 Instr.: C 150/2250 V: 140×
Luft: gut – sehr gut Filter: Marsglas Mosch
Ø 22'7

Die günstige Marsopposition von 1971 brachte einen maximalen scheinbaren Marsdurchmesser von 24'9. Dadurch lohnte sich die Beobachtung der Oberfläche mit Amateurgeräten. Die Zeichnungen zu der hier veröffentlichten Marskarte wurden in der Zeit von Ende Juli bis Anfang Oktober 1971 angefertigt. Dabei konnte im August in Hirschsprung/Osterzgebirge unter sehr guten Bedingungen gearbeitet werden. Als Beobachtungsinstrument diente das Cassegrainspiegelteleskop 150/900/2250 vom VEB Carl Zeiss, Jena. Es wurde eine 140fache Vergrößerung verwendet und zum Hervorheben der Oberflächenkontraste ein Orangetfilter (Marsglas) eingesetzt. Die Zeichnungen in vorgedruckte Schablonen bildeten eine gute Grundlage für die Bearbeitung als Karte. Die Koordinaten der einzelnen Oberflächendetails wurden ausgemessen und zunächst in eine Arbeitskarte eingetragen. Dabei mußte die scheinbare Verschiebung des Marsäquators für den Beobachter berücksichtigt werden. Meist stimmten die Grenzen der Details nach den Einzelbeobachtungen nicht genau überein, so daß mittlere Begrenzungen festgelegt werden mußten. Es wurden nur solche Formationen in die Karte aufgenommen, die sich auf zwei Zeichnungen feststellen ließen. Die Kontraste entsprechen denen der Einzelzeichnungen. Für die Karte (nächste Seite) wurde die gebräuchliche Mercatorprojektion verwendet, obwohl sich die Verzerrung der Einzelheiten in höheren areographischen Breiten nur annähernd festlegen läßt. Die Abbildungen zeigen einmal die Marskarte und zum anderen vier Einzelzeichnungen. Die kleinsten noch erkennbaren Oberflächendetails dürften eine Ausdehnung von etwa 300 bis 400 km haben.

JÖRG MOSCH

Marskarte in
Mercatorprojektion
(siehe Bildseite I).

Abb. auf S. III unten:
Ein eigenartig
geformter Mars-
krater, der sich
nahe dem Nodus
Gordii am Äquator
befindet.
Sein Durchmesser
beträgt rund 110 km.
Die Aufnahme
erfolgte durch
Mariner 9 am
29. 11. 1971. Am
Westrand (in der
Abb. links) sind
mehrere konzen-
trische Ringe zu
erkennen. Man
nimmt an, daß es
sich dabei um einen
vulkanischen
Kollapskrater
handelt.

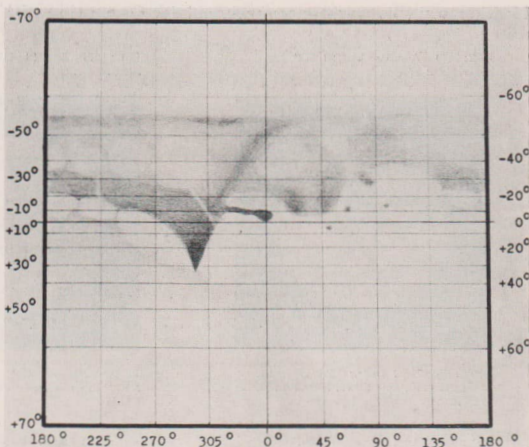
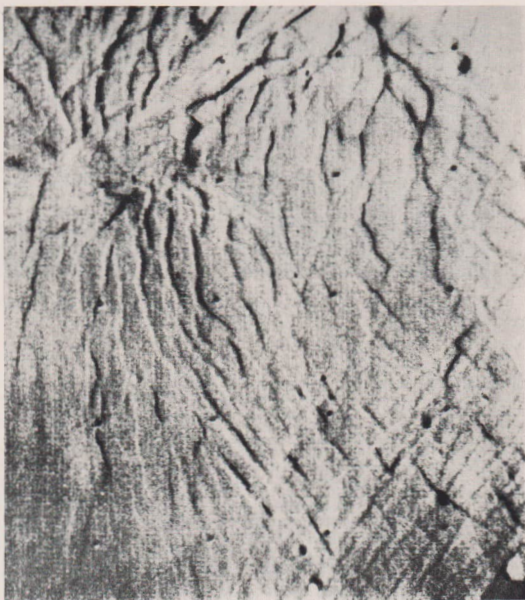
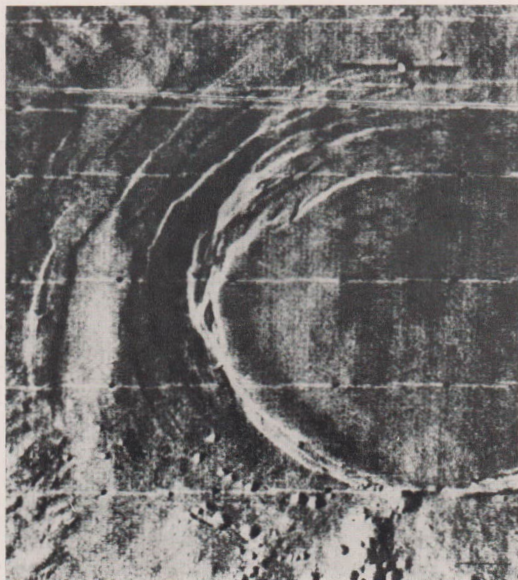


Abb. rechts:
Marsregion aus dem
Dunkelgebiet des
Phoenicis Lacus.
Das Zentrum des
Bildes liegt bei etwa
17,5 Grad südl.
Breite und 108 Grad
westl. Länge.
Aufnahme von
Mariner 9 am
17. 12. 1971 aus
einer Entfernung
von etwa 6500 km.
Es handelt sich um
ein Hochlandgebiet,
welches etwa 5,5 km
über das mittlere
Niveau der Mars-
oberfläche heraus-
ragt. Es ist völlig
von Faltungstälern
durchzogen, die eine
Breite von rund
2,5 km haben. Im
Aussehen erinnert es
an eine Elefanten-
haut. In diesem
Gebiet treten auf-
fällig wenige Krater
auf.





Oben links:
Der Marsmond
Deimos (Durch-
messer rund 12 km),
aufgenommen von
Mariner 9 am

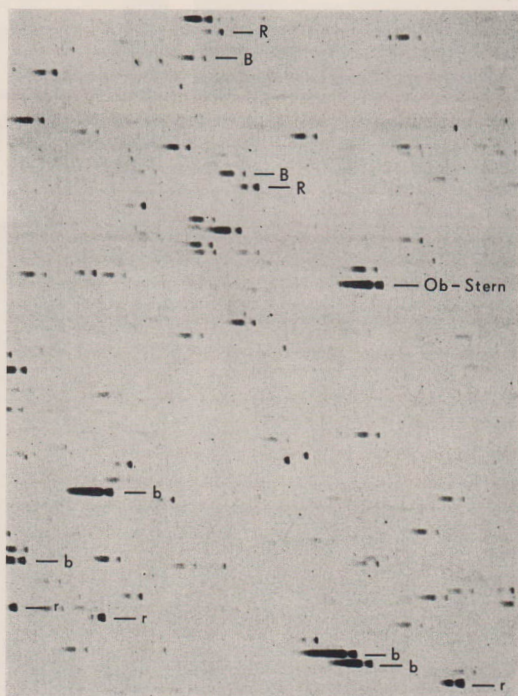
26. 11. 1971. Wegen
der großen Entfer-
nung sind die Details
der Oberfläche nicht
deutlich, man
erkennt aber, daß es
sich um einen un-
regelmäßig geform-
ten Brocken mit
einzelnen krater-
ähnlichen Vertiefun-
gen handelt.

Oben rechts:
Aufnahme des
Marsmondes Phobos
bei einer Passage des
Mariner 9 in einem
Abstand von nur
rund 5500 km, wo-
durch bedeutend
mehr Details als
bei Deimos zu er-
kennen sind. Der
große Krater am
Terminator hat
einen Durchmesser
von etwa 6,5 km.



Blick auf die Volkssternwarte in Belgradschik (Bulgarien).

Zum Beitrag:
Objektivprismen-
aufnahmen
S. 74



Ausschnitt aus einer
Objektivprismenauf-
nahme im Cygnus.

einmal mit den Möglichkeiten der Fotografie zu bestimmen. Was überhaupt im einzelnen in der Planetenfotografie geleistet werden kann, haben z. B. die Aufnahmen vieler Amateure beim letzten Merkurdurchgang 1970 gezeigt.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, die Planetenfotografie macht Freude (auch wenn sie in der Darstellung der Einzelheiten hinter der visuellen Beobachtung zurückbleibt) und lohnt die aufgewandte Mühe.

Die Formelsammlung dieses Beitrags (1)–(12) kann von der Redaktion bezogen werden.

Anhang

n	= Verlängerungsfaktor
f_n	= Brennweite der Barlow-Linse
f_{ob}	= Brennweite des Objektivs
f_{ok}	= Brennweite des Okulars
f_A	= Äquivalentbrennweite
a	= Abstand Barlow-Linse – Brennpunkt
b	= Abstand Barlow-Linse – Äquivalentbrennpunkt
D	= Freier Durchmesser des Objektivs
d	= Durchmesser der Austrittspupille
F	= Durchmesser des Fokalbildes
F_A	= Durchmesser des Äquivalentfokalbildes (Projektionsbild)
e	= Abstand Okular-Brennweite des Objektivs = Verschiebung des Okulars außerhalb des Brennpunktes des Objektivs
P	= Scheinbarer Planetendurchmesser in Bogensekunden
g	= Abstand Platte – Projektionsokular
$\bar{O}$	= Öffnungsverhältnis (Freier Objektivdurchmesser/Brennweite)
B_l	= Blendenwert = Reziproker Wert des Öffnungsverhältnisses
B_{lA}	= Blendenwert des Projektionssystems (Objektiv – Okular)
t_p	= Belichtungszeit des Fokalbildes
t_A	= Belichtungszeit des Äquivalentfokalbildes (Projektionsbildes)
t'	= Belichtungszeit für Fokalbild oder Äquivalentfokalbild eines Systems vom Objektivdurchmesser D' und der Brennweite f'
t	= Belichtungszeit
E	= Empfindlichkeit des Negativmaterials in ASA-Werten
K	= Faktor der Objektivflächenhelligkeit
h	= Durchmesser des Beugungsscheibchens in mm
λ	= Wellenlänge des benutzten Lichtes in mm

Literatur:

Im Kalender für Sternfreunde von Paul Ahnert sind in den verschiedenen Jahrgängen mehrere Artikel über Astrofotografie erschienen, die auch viele Einzelheiten über Planetenfotografie enthalten.

Es handelt sich um folgende Arbeiten:

Einige Bemerkungen zur Astrofotografie	1959/130
Himmelsfotografie mit einfachen Mitteln	1952/123
Astrofotografie mit kleinen Kameras	1958/141
Ein einfacher Stereoskopierator	1964/174
Spektrofotografie mit Kleinbildkameras	1968/185
Liebhaberfotografie am Himmel	1969/171

Folgende Bücher wurden z. T. benutzt, bzw. enthalten sie wertvolle Anregungen für die Fotografie der Planeten:

- Roth: Taschenbuch für Planetenbeobachter, Mannheim 1966.
 Handbuch für Sternfreunde, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960.
 Texereau/de Vaucouleurs: Astrofotografie für Jedermann, Stuttgart 1964.
 Píhoda/Sadil/Pavloušek: Návod k pozorování planet a Měsíce, Prag 1966.
 Brandt: Das Fernrohr des Sternfreundes, Stuttgart 1958.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

KOPERNIKUS-Jugendwettbewerb

Im kommenden Jahre, am 19. Februar 1973, gedenkt die gesamte Menschheit des großen polnischen Astronomen NIKOLAUS KOPERNIKUS. Die 500. Wiederkehr seines Geburtstages gibt Veranlassung, über die entscheidende Wende nachzudenken, die mit seinem Namen für alle Zeiten verbunden ist und durch die das Weltbild der Astronomie in revolutionärer

Weise umgestaltet wurde. Das Werk des KOPERNIKUS betraf die ganze Astronomie und ermöglichte eine grundlegend neue, eine wissenschaftliche Erforschung des Kosmos. Darüber hinaus besaß es eine überaus weitanschauliche Bedeutung.

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie ruft die jungen Sternfreunde, die in den Fachgruppen Astronomie und in den angeschlossenen Jugendgruppen mitarbeiten, zu einem KOPERNIKUS-Jugendwettbewerb auf. Zu Ehren des großen Astronomen sollen Arbeiten entstehen, an denen zu erkennen ist, wie sich heute junge Menschen mit der Astronomie beschäftigen. Jede Arbeit muß eine weitanschauliche Aussage enthalten. Weitere Bedingungen hinsichtlich der Themenwahl und der Form bestehen nicht; es können schriftliche oder gegenständliche, wissenschaftliche oder künstlerische Arbeiten eingereicht werden, die Themen können das gesamte Gebiet der Astronomie betreffen oder einzelnen Teilgebieten entnommen sein. Die Wettbewerbsobjekte sind bis zum 1. 12. 1972 an die folgende Anschrift zu senden:

Deutscher Kulturbund
Zentraler Fachausschuß Astronomie
104 Berlin, Hessische Straße 11-12.

Auf einem gesonderten Blatt müssen Name und Anschrift, Alter und Beruf des Einsenders vermerkt sein. Prämiiierung und Veröffentlichung der besten Arbeiten sind vorgesehen.

Zentraler Fachausschuß Astronomie
Dr. KLAUS LINDNER, Vorsitzender

Fachgruppe Leipzig: Tätigkeitsbericht 1971

Die Fachgruppe Astronomie Leipzig konnte im Jahre 1971 einen sehr schönen Erfolg in der Mitgliederwerbung verzeichnen. Durch 9 Neuaufnahmen vorwiegend jugendlicher Sternfreunde erhöhte sich die Zahl der Mitglieder auf 34. Darüber hinaus sind rund 15 Jugendliche an der Fachgruppenarbeit beteiligt. Die Arbeitsabende und die Beobachtungen finden im Klubhaus „Freundschaft“ des VEB Schwermaschinenbau „S. M. Kirow“ statt, auf dessen Dachterrasse die Fachgruppe einen 4“-Refraktor auf ortsfester Säule (Rohrmontierung und Achsenkopf abnehmbar) zur Verfügung hat.

Arbeitsabende:

Im Jahre 1971 fanden 10 Arbeitsabende, die von durchschnittlich 20 Sternfreunden besucht wurden, eine gemeinsame Exkursion zur Kosmos-Ausstellung in Karl-Marx-Stadt und ein gemeinsamer Besuch der Kepler-Veranstaltung in Halle statt.

Zusammenarbeit mit den Schulen:

Die Beobachtungsstation im Klubhaus steht für astronomische Jahrespraktika im Rahmen des Astronomieunterrichts zur Verfügung. Schüler aus 4 Schulen des Stadtbezirkes Mitte treffen sich hier an einem Tage in der Woche, um die im Lehrplan geforderten praktischen astronomischen Beobachtungen zu absolvieren. Die Leitung dieser Praktikumsabende liegt in den Händen von Fachgruppenmitgliedern. Drei Bundesfreunde folgten dem Aufruf des ZFA Astronomie zur Mitarbeit in der Schulastronomie; damit sind jetzt 7 Mitglieder der Fachgruppe in diesem Arbeitsbereich tätig.

Bundesfreunde der Fachgruppe betreuen die praktischen Beobachtungen der Lehrer aus der Stadt und einigen Kreisen des Bezirkes Leipzig, die sich auf das externe Staatsexamen zum Erwerb der Lehrbefähigung für Astronomie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena vorbereiten.

Zur Ausgestaltung eines Astronomie-Fachkabinetts an der EOS „Karl Marx“ in Leipzig stellte die Fachgruppe Anschauungsmaterialien zur Verfügung. Mehrere Bundesfreunde sind als Referenten für Jugendstunden tätig.

Sonstige Arbeiten:

Die Fachgruppe Leipzig beteiligte sich an der Freizeit-Ausstellung des DKB. Öffentliche Beobachtungen finden zweimal wöchentlich im Zentralen Kulturpark „Clara Zetkin“ mit einem transportablen 4“-Refraktor statt. Sie werden von Mitgliedern der Fachgruppe betreut.

Dr. KLAUS LINDNER
Fachgruppenleiter

Fachgruppe Eilenburg: Tätigkeitsbericht 1971

Nach zweijähriger Vorarbeit im Rahmen eines Arbeitskreises „Freunde der Sternwarte“ im DKB wurde die Arbeit der Fachgruppe mit Jahresbeginn in erweiterter Form fortgeführt. Gegenwärtig gehören der Fachgruppe 19 feste Teilnehmer an, von denen 13 Mitglieder des DKB sind. An den Veranstaltungen nehmen in zwangloser Folge auch weitere Interessenten teil. Die Fachgruppe führte etwa monatlich folgende Veranstaltungen durch:

Eine Fachgruppen-Zusammenkunft mit durchschnittlich 11 Teilnehmern, eine erweiterte Veranstaltung mit 31 Teilnehmern, 2 bis 3 Beobachtungsabende mit je 15 Teilnehmern, sowie gelegentliche Exkursionen, Tagungen und Einsätze.

Die Fachgruppen-Zusammenkünfte dienen der Diskussion fachwissenschaftlicher Probleme aus Fachliteratur und Zeitschriften, der Anleitung zur Beobachtungspraxis und bei günstigem Wetter zur eigenen praktischen Beobachtung. Durch die wachsende Mitarbeit der Mitglieder wurden die Veranstaltungen stärker belebt, es wurde berichtet über gelesene Veröffentlichungen, über eigene Beobachtungen, Fotos usw. Zu jeder Veranstaltung findet mindestens ein Kurzvortrag statt, zu dem sich besonders Jugendliche gut vorbereiten, die aus den Schüler-AG. übernommen wurden und sich z. T. eigene Fernrohre gebaut haben. Aktuelle Ereignisse (Mondfinsternis am 6. 8. 71, Marssonde, Raumstation Salut usw.) werden jeweils berücksichtigt. Bei den Besprechungen wurden die Bemerkungen des ZFA, BFA und anderer Tagungen ausgewertet. Teilnehmer berichten über besondere Ergebnisse. Schließlich erfolgen organisatorische Absprachen über die Unterstützung von Schülerbeobachtungen an der Sternwarte und über sonstige Veranstaltungen.

Die öffentlichen Vortragsveranstaltungen werden von einem größeren Personenkreis besucht. Hier wurden in zwangloser Reihenfolge interessante Themen behandelt, 1 bis 2 Vorträge im Jahr werden durch auswärtige Referenten übernommen. Die Astronomielehrer des Kreises werden zu diesen Veranstaltungen regelmäßig eingeladen.

Die Beobachtungsabende sind öffentlich und werden von den Fachgruppenmitgliedern intensiv genutzt. Die fortgeschrittenen Freunde beginnen mit der Anleitung und Hilfe für Gelegenheitsbesucher.

Exkursionen und Tagungen sind Höhepunkte der Fachgruppenarbeit. Verschiedene Mitglieder nahmen teil am Planetensymposium in Radebeul (3 Bfr.) und an der Bezirksstagung in Halle (10 Bfr.). Zur Kosmosausstellung in Karl-Marx-Stadt wurde eine Busfahrt (37 Teilnehmer) organisiert mit anschließendem Besuch im Kosmonautenzentrum in KMSt. Im Rahmen des Wettbewerbs des DKB schuf die Fachgruppe Eilenburg von September 1969 bis März 1971 Werte in Höhe von 7251 M und erhielt dafür eine Urkunde des Präsidialrates des DKB.

Die Schulastronomie wurde wie folgt unterstützt: Zur Durchführung der obligatorischen Schülerbeobachtung an den Instrumenten der Sternwarte stehen seit 1.9.71 drei Sternfreunde zur Unterstützung der Mitarbeiter zusätzlich zur Verfügung, was sich sehr günstig auf den organisatorischen Ablauf auswirkt. Ein Mitglied der Fachgruppe (Astronomielehrer) übernahm die Leitung von zwei Schüler-AG. Astronautik und entlastet damit die Mitglieder der Sternwarte. Die Lehrerweiterbildung wird nach wie vor an der Sternwarte durchgeführt. Damit sind alle Formen der Unterstützung der Schulastronomie durch den DKB angefallen.

Diese Maßnahmen wurden allerdings durch die Sternwarte und nicht von den staatlichen Leitern des Kreises und Bezirkes eingeleitet. Es ist jedoch beabsichtigt, diese Formen der Unterstützung in einer Vereinbarung zwischen DKB und Kreis-schulrat zu sichern.

EDGAR OTTO
Fachgruppenleiter

Aus der Literatur

Die Vermessung des Mondes

Im Heft 6/1971 der „Jenaer Rundschau“ berichtet Michael Moutsoulas von der University of Manchester, England, über eine Methode der Messung des Mondes, die von einer Mondforschungsgruppe in Manchester entwickelt wurde.

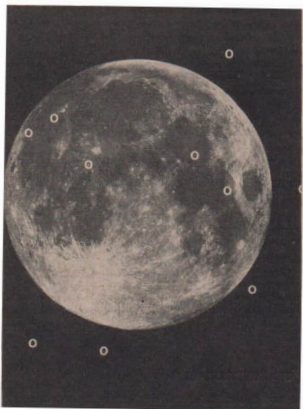
Zuvor wird kurz auf die historische Entwicklung dieses Problemkreises hingewiesen. Der Mond wurde auf Grund seiner Helligkeit und Größe schon immer von den Menschen intensiv beobachtet. Interessant ist auch, daß bereits Demokrit die Meinung vertrat, daß die mit dem bloßen Auge sichtbaren Mondformationen Berge und Täler seien, nicht sehr verschieden von denen auf der Erde. Eine systematische und Erfolg versprechende Beobachtung und Vermessung des Mondes begann aber erst mit Einführung des Fernrohres in die astronomische Beobachtung. Ganz wesentlich für die Aufgaben der Vermessung des Mondes waren zwei andere Ereignisse: die Erfindung des photographischen Prozesses durch Daguerre und die Verwendung des Heliometers durch Bessel. Beides geschah etwa gleichzeitig in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. Auf der Auswertung photographischer Aufnahmen beruht die moderne Kartierung der Mondoberfläche, auf heliometrische Messungen gründen sich unsere Kenntnisse über die Librationen des Mondes.

Einige von Moutsoulas erwähnte Methoden seien hier wiedergegeben.

- Ringförmige Sonnenfinsternisse wurden genutzt zur Untersuchung des Mondprofils.
- Mit Hilfe des Mondterminators wurde die geometrische Form des Mondes in verschiedenen Schnittrichtungen erforscht. Diese Linie, die die beleuchtete von der unbeleuchteten Seite des Mondes trennt, verändert ihre Form im Laufe des Phasenwechsels. Da der tatsächliche Terminator niemals eine leicht bestimmbare Linie ist, erreichten die Beobachter mit dieser Methode keine sehr guten Ergebnisse.
- Auf dem stereoskopischen Prinzip beruht die sogenannte Librationmethode. Messungen scheinbarer Lageveränderungen von Mondformationen bei verschiedenen Librationen ermöglichen die Berechnung der Koordinaten der Formationen.

Aber auch dieser Weg ergab nicht immer befriedigende Ergebnisse. Die Hauptursache der Fehler war die ungenaue Bestimmung des Maßstabs und der Orientierung der Photoplatte.

Die von der Mondforschungsgruppe in Manchester entwickelte Methode versucht, Mondformationen direkt an die Positionen von Fixsternen anzuschließen. Dazu wird ein Sternfeld, das die gleiche Deklination und den gleichen Stundenwinkel wie sie der Mond etwa ein bis zwei Stunden später haben wird, zuerst fotografiert. Dann wird der Fernrohrantrieb abgeschaltet und das Fernrohr in seiner Lage festgeklemt. In seiner täglichen Bewegung wandert der Mond nun langsam in das Gesichtsfeld des Fernrohres. Zu diesem Zeitpunkt wird eine etwas unterbelichtete Aufnahme des Mondes gemacht.



Der Mond auf einer durch Sterne kalibrierten Aufnahme. Sternbildchen (in den Kreisen auf der Abb.) bis zur 14. Größenklasse wurden auf einer Eastman Kodak-103-aE-Emulsion bei einer Belichtungszeit von sechs Minuten erhalten. Die Belichtungszeit für den Mond betrug 0,2 Sekunden. (Foto aus „Jenaer Rundschau“)

Auf der Photoplatte sind nun markante Punkte der Mondoberfläche und auch helle Sternbildchen sichtbar. Die Sternbilder mit bekannten Positionen bestimmen Maßstab und Orientierung der Aufnahme. So lassen sich die Konstanten der photographischen Platte, die aus der Vermessung der Sterne abgeleitet wurden, zur Auswertung der gemessenen markanten Punkte auf der Mondoberfläche verwenden. Der Nullpunkt des Mondbildes wird dabei nicht bestimmt, was jedoch nicht von wesentlichem Nachteil ist.

Dr. S. MARX

Sowjetisch-amerikanische Raumfahrtkooperation

Wie Anfang Februar 1972 aus Washington berichtet wurde, haben sowjetische und amerikanische Vertreter über ein Jahr lang sich damit beschäftigt, eine Raumstation zu projektieren, die aus einer Kopplung von Apollo, Salut und Sojus bestehen könnte. Ihre Ergebnisse sind bis ins einzelne in einer 249 Seiten umfassenden Studie enthalten. Werden diese Vorschläge verwirklicht, könnte im Juni 1974 eine gemeinsame Raumstation die Erde umkreisen.

Wegen der unterschiedlichen atmosphärischen Verhältnisse in der amerikanischen und in der sowjetischen Kapsel wird für dieses Projekt ein neues Kopplungsstück in Zylinderform von der Größe eines Kleinwagens benötigt, das auch als Druckausgleichskammer dient, in der sich die Astronauten und Kosmonauten für Besuche „beim Nachbarn“ rund zweieinhalb Stunden akklimatisieren müssen. Die Atmosphäre im Apollo-Raumerschiff besteht aus reinem Sauerstoff bei einem Druck von 206 Millimeter der Quecksilbersäule. Die sowjetischen Kosmonauten atmen dagegen in ihrer Raumstation Salut und im Sojus-Raumerschiff „Erdatmosphäre“, bestehend aus einem Gemisch von 70 Prozent Stickstoff und 30 Prozent Sauerstoff. Der normale Luftdruck liegt bei 760 Millimeter der Quecksilbersäule in Meereshöhe.

Die Studie schlägt vor, Apollo mit drei Astronauten am 14. Juni 1974 gegen Mittag starten zu lassen. Die Sowjetunion soll drei Tage zuvor die Raumstation Salut auf die Erdumlaufbahn schießen. Dann folgt das Raumschiff Sojus mit drei Mann Besatzung, die bereits in der Station sein sollen, wenn Apollo an Salut anlegt. Der 14 Tage dauernde Apollo-Flug sieht einen Tag für das Anlegen und Ankoppeln und zwei gemeinsame Arbeitstage der sechs Raumfahrer vor. Eingeplant sind drei Wechsel von je zwei Mann zwischen Apollo und Salut. Jeder Besuch soll drei Stunden dauern.

Das Kopplungsstück (Adapter) wird etwa eine Million Mark kosten und ermöglicht auch die gegenseitige Hilfe bei Weltraumnot.

Prof. Dr. G. REINTANZ

Verändert der Mensch die Oberflächentemperatur der Erde?

Die Oberflächentemperatur eines Planeten hängt u. a. vom Abstand des Planeten von der Sonne ab, vom Absorptions- und Emissionsvermögen der oberflächennahen Schichten und von der Durchlässigkeit der Planetenatmosphäre für Strahlung verschiedener Wellenlängen. Der Einfluß der Planetenatmosphäre wird ganz wesentlich bestimmt durch den Gehalt an Kohlendioxid und Staubteilchen. So ist z. B. für die hohe Temperatur auf der Venusoberfläche der hohe Kohlendioxidgehalt von 95% in der Venusatmosphäre verantwortlich. Man spricht hier vom Treibhauseffekt, denn die Sonneneinstrahlung erreicht die Oberfläche, während die Wärmeabstrahlung der Oberfläche zurückgehalten wird.

Der Kohlendioxidgehalt der Erdatmosphäre ist sehr klein, er beträgt nur 0,05 Gewichtsprozent. Ein Ergebnis der Zivilisation ist aber die Produktion von Kohlendioxid durch die Verbrennung von Kohlenstoff. Insgesamt werden der Lufthülle zur Zeit jährlich $1,5 \cdot 10^{11}$ Tonnen Kohlendioxid zugeführt. Nach neueren Untersuchungen von Rasool und Schneider wächst die Temperatur sehr langsam mit der Erhöhung des Kohlendioxidgehaltes. Um eine Temperaturerhöhung von 2 Grad zu erreichen, muß die Kohlendioxidmenge auf das mehr als achtfache wachsen. Beim Stand der heutigen Kohlendioxidproduktion geschieht das in den nächsten 1000 Jahren nicht.

Der Einfluß des Staubes in der Erdatmosphäre auf die Oberflächentemperatur ist sehr schwer zu erfassen. Nicht nur die Zahl der Staubteilchen in der Erdatmosphäre ist von Bedeutung, sondern auch die chemische Zusammensetzung, die Größe und die Form der Staubteilchen müssen beachtet werden. Unter plausiblen Annahmen über die Natur der Staubteilchen kommt man zu dem Ergebnis, daß eine Zunahme der Staubmenge eine Verringerung der Oberflächentemperatur zur Folge hat. Der Staub schirmt die Sonneneinstrahlung wirksamer ab als die von der Erdoberfläche zurückgeworfene Wärmestrahlung. Durch den Staub entsteht also ein umgekehrter Treibhauseffekt.

Ein Teil des in die Atmosphäre gegebenen Staubes wird wieder zerstört. Unter der Annahme, daß die Abbaurate in der Atmosphäre konstant bleibt, wurde geschätzt, daß eine Verachtfachung des zur Zeit durch die Zivilisation in die Lufthülle geblasenen Staubes ein Absinken der Durchschnittstemperatur an der Oberfläche von 3,5 Grad zur Folge haben könnte. Dies ist ein Betrag, der für die klimatischen Vorgänge auf der Erde bereits von großer Bedeutung wäre.

Nach diesen Untersuchungen bewirkt die Zivilisation hinsichtlich der Oberflächentemperatur zwei gegenläufige Beeinflussungen. Die zur Temperaturerhöhung führende Komponente wird in den nächsten 1000 Jahren sehr klein bleiben, während die zur Temperatursenkung führende Komponente merklich wirksam werden kann.

Dr. S. MARX

Jupitermodell

„Der Jupiter, größter Planet unseres Sonnensystems, ist offensichtlich ein riesiger Wasserstoffklumpen mit Heliumbeimengen, eingehüllt in eine mächtige Wasserstoffatmosphäre.“ Zu diesem Schluß sind Experten des sowjetischen Akademiestituts für Physik der Erde nach sechsjähriger Arbeit an einem physikalisch-mathematischen Modell des Riesensplaneten gekommen.

Im Gegensatz zu Hypothesen verschiedener Wissenschaftler aus jüngster Vergangenheit, wonach der Riesensplanet erkaltet sei, kamen die sowjetischen Wissenschaftler zu dem Schluß, daß die Materie im Innern des Planeten gegenwärtig noch Temperaturen bis zu 20000 °C aufweist. Die Oberfläche sei allerdings etwa auf minus 150 °C abgekühlt. Ein Grund dafür sei die – verglichen mit der Erde – 27mal schwächere Sonneneinstrahlung.

Die sowjetischen Experten meinen, daß die Wärmeleitfähigkeit des Jupiters außerordentlich gering ist und der Planet in fünf Milliarden Jahren seiner Existenz nur einen verschwindend geringen Teil der gewaltigen Wärmemenge verloren hat, die in der ersten Phase seiner Evolution entstanden sein muß.

Dem physikalisch-mathematischen Modell zufolge reicht die Jupiteratmosphäre bis in 150000 km Höhe. An der unteren Grenze dieser Hülle erreicht das Wasserstoff-Helium-Gemisch unter unvorstellbar hohen Drücken (bis zu 100 Millionen at) die Dichte von Wasser und geht in einen „metallischen“ Wasserstoffkern über. Doch selbst dieser Kern bleibt bis ins Innere des Planeten im flüssigen Zustand, weil zugleich auch Temperaturen bis 20000 °C Hitze herrschen, die jeden festen Körper aufschmelzen lassen.

Abgeleitet von diesem Jupiter-Modell, haben die Autoren auch neue hypothetische Aussagen über die drei anderen Riesenplaneten Saturn, Uranus und Neptun getroffen. Sie alle – so wird angenommen – besitzen ebenfalls keine feste Oberfläche. Der Saturn beruhe in seinem Inneren eine flüssige Masse mit einem Durchmesser von 40000 km. Diese Flüssigkeit sei von einer „metallischen“ Hülle aus verfestigtem Wasserstoff umgeben, die allmählich in eine Atmosphäre aus gasförmigem, molekularem Wasserstoff übergehe. Uranus und Neptun dagegen bestünden zur Hälfte aus Wasser. Das bedeute, daß sich fast der gesamte Wasservorrat unseres Sonnensystems auf diese beiden Riesenplaneten konzentriere.

(ADN/ND) 11. 3.72)

Irdische Mikroorganismen überlebten auf dem Mond

Bekanntlich landete am 19. April 1967 der amerikanische automatische Raumflugkörper Surveyor 3 weich auf dem Mond. Im November 1969 nahmen die Kosmonauten der Mondexpedition Apollo 12 einige seiner Teile für Untersuchungen auf der Erde mit, u. a. eine Fernsehkamera und einen Teil des Kabels, die unter streng sterilen Bedingungen in Labors gebräunt wurden. Hier ließ man eine Nährlösung auf Teilchen von Drähten, metallischen Stoffen und anderem Konstruktionsmaterial einwirken. Und da ereignete sich in einem Kolben ein Wunder. Auf einem Stückchen Schaumpolyurethan, einem Teil der Wärmeisolation in der Fernsehkamera von Surveyor 3, wuchs ein weißer „Schwanz“ von zwei bis drei Millimetern Länge. Die Analyse zeigte, daß es sich um eine Kolonie der Mikroorganismen *Streptococcus mitis* handelte, die auf der Erde wohlbekannt sind. Offensichtlich waren die Mikroben mit dem Atem des Bedienungsmitglieds während der Startvorbereitung von Surveyor 3 in die Fernsehkamera gelangt. Zweieinhalb Jahre befanden sich die Mikroorganismen auf dem Mond, wo die Bedingungen unvergleichbar härter sind als auf dem Mars, und sie überlebten! Viele irdische Mikroorganismen könnten somit auf dem Mars leben und sich vermehren. Das beweist jedoch nicht, daß es auf dem Mars Leben gibt.

Nach „Trud“, 8. 2. 72 (gekürzt).

Französische Solarzellen für Raumfahrtanwendungen

Solarzellen für kosmische und terrestrische Anwendungen werden von der französischen Firma RTC (La Radiotechnique-Comptel) entwickelt und hergestellt. Neben Si-Zellen, die u. a. zur Stromversorgung der Satelliten EOLE (5020 Zellen) und PEOLE (2016 Zellen) sowie für Stratosphärenballons – die von CNRS und CNES gestartet werden – eingesetzt wurden, wird der Entwicklung polykristalliner Dünnschichtzellen auf CdTe-Basis besondere Aufmerksamkeit gewidmet (siehe auch „Astronomie und Raumfahrt“, Heft 3/1969, Seite 85/86). Die Entwicklung dieser Zellen läßt zwar keine generelle Wirkungsgradsteigerung gegenüber Si-Typen erwarten, jedoch günstigere Eigenschaften bezüglich der Strahlenresistenz, Robustheit, Leistungsmasse sowie der Herstellungskosten.

Die Herstellung dieser Zellen erfolgt durch Vakuum-Aufdampftechnologien. Zunächst wird auf einer 15–25 µm starken Molybdänunterlage bei 500 °C im Hochvakuum eine 15–20 µm dicke CdTe-n-Schicht aufgedampft, darauf eine 100 bis 300 Å dicke CuTe-p-Schicht. Ein Goldgitter dient schließlich als Kontaktierung. Als Schutzschicht erhalten die Zellen eine Kunststoffumhüllung.

Zellen dieser Art wurden bisher bei verschiedenen Ballontests unter unterschiedlichen Bedingungen erfolgreich erprobt, so bei Ballontests von CNES und CNRS sowie einem französisch-kanadischen Stratosphärenballon-Experiment. Der Einsatz von Versuchsmodulen von CdTe-Solarzellen erfolgt bei den Satelliten PEOLE und SRET.

H. D. N.

Nach: Techn. Informationsblatt d. Wirtschaftsbüros der franz. Industrie in der DDR (Druckschr. IE-1-71-200)

Der Mond – ein Erdkontinent

Als siebenten Kontinent der Erde bezeichnet der sowjetische Astronom Prof. Nikolai Kosyrew den Mond. Als Grund nennt er dafür die einwandfrei nachgewiesenen Wechselwirkungen zwischen Mond und Erde.

Schon seit einiger Zeit wird beobachtet, daß zwei bis drei Tage nach einem registrierten Mondbeben ein Beben auf der Erde folgt. Derartige Mondbeben, oder auch „Mondereignisse“ genannt, sind u. a. im Fernrohr beobachtbar. Im Krater Aristarch beispielsweise zeigten sich wiederholt vorübergehende Leuchterscheinungen – aus dem Mondinneren ausgestoßene Gaswolken. 48 bis 70 Stunden nach solchen Leuchterscheinungen „antwortete“ die Erde vielfach mit einem Erdbeben. Derartige Vorgänge wurden auch in umgekehrter Folge beobachtet. Auf Erdbeben reagierte der Mond mit Gasausbrüchen. Bisher sei man der Ansicht gewesen, daß auf Grund von Gravitationswechselwirkungen zwischen Mond und Erde magnetische Gezeiten entstehen, die sich, wie Kosyrew in einem „Nowosti“-Beitrag schreibt, „als mechanische Anlaßvorrichtungen“ erweisen und vulkanische Kräfte im Mond freisetzen können“. Mit dieser Hypothese allein könne man jedoch nach Ansicht Kosyrews nicht alle Wechselwirkungen zwischen Mond und Erde erklären. So gut wie erwiesen sei aber zunächst die Tatsache, daß bestimmte Vorgänge in kosmischen Systemen – hier speziell im Erde–Mond-System – miteinander in Wechselbeziehung stehen. Ähnliche Beziehungen bestünden auch in Doppelsternsystemen.

ND 30. 10. 71

Buchbesprechungen

Kenntnis vom erdnahen Raum

Im letzten Jahrhundert ist der Mensch selbst immer weiter in den erdnahen Raum vorgedrungen. Hatte er anfangs nur die Möglichkeit, einen hohen Berg zu ersteigen, um Daten aus größeren Höhen zu erhalten, so begann er bald, technische Hilfsmittel zu nutzen. Mit Ballons und Flugzeugen und schließlich künstlichen Erdsatelliten entfernte er sich immer weiter

von der Erdoberfläche. Zum anderen lernte er aber auch, aus dem Einfluß, den die Erdatmosphäre auf die hindurchgehende Strahlung ausübt, Rückschlüsse auf Eigenschaften der Lufthülle zu ziehen. Dieninger berichtet in diesem Zusammenhang über Radio- und optische Beobachtungen und erläutert das Echolotverfahren. Weiterhin kann man sich in der Veröffentlichung über die Beeinflussung der Erdatmosphäre durch die Sonneneinstrahlung informieren und über Veränderungen in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre.

Der Autor teilt auch eine ganze Reihe von Ergebnissen mit. In einer übersichtlichen Abbildung gibt er die Höhenverteilung des Polarlichtes. In Text und Bild erkennt man den Temperaturverlauf in der Erdatmosphäre. Hier gibt es Vergleiche zwischen theoretischen Rechnungen bei Berücksichtigung verschiedener Bedingungen und der Beobachtung. Sehr leicht verständlich sind auch die Abbildungen, die schnell einen Überblick über den Dichteverlauf in der Lufthülle vermitteln. Im letzten Teil der Veröffentlichung werden dann insbesondere die Ergebnisse von Raumfahrtexperimenten berücksichtigt. Hier beschäftigt sich der Autor mit der „Oberseite der Ionosphäre“, die man umfangreich erst nach Einsatz von Höhenraketen und Satelliten beobachten konnte. Interessant sind auch jene Ausführungen, in denen sich der Autor mit der Frage: Gibt es eigentlich eine Grenze der Atmosphäre? auseinandersetzt. Schließlich wird noch der Schritt in den interplanetaren Raum getan. Hier kommt es zur Behandlung des interplanetaren Magnetfeldes und der Wechselwirkungen zwischen dem Sonnenwind und dem Erdmagnetfeld.

Die Veröffentlichung ist insgesamt auch durch die zahlreichen Abb., leicht verständlich und gibt einen guten Überblick über die Problematik.

Dr. S. MARX

W. Dieminger: Kenntnis vom irdischen Raum im Wandel eines Jahrhunderts, Abhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1971. 31 S. mit 24 Abb., brosch. 6,- M.

Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten

Wenn ein wissenschaftliches Tafelwerk – bestimmt für einen relativ eng begrenzten Leser- und Benutzerkreis – innerhalb eines so kurzen Zeitraumes von nur zehn Jahren in fünf Auflagen erscheint, dann muß dafür schon ein ganz besonderes Interesse vorhanden sein. Genau dies trifft auf die von Paul Ahnert geschaffenen Tafeln zu, die mit ihren Auflagen seit 1900 dicht aufeinander folgten (1901, 1905, 1968 und 1971). Sicher wurde dieses Werk schon mehrfach besprochen. Es lohnt sich aber, es dem potentiellen Käufer erneut vorzustellen, der sich mit der Astronomie aus Liebhaber- oder Berufsgründen (Astronomielehrer, Historiker) beschäftigt.

Dem Amateurastronomen können gerade diese Tafeln über ihren eigentlichen Zweck hinaus wertvollen Gewinn insofern bringen, weil er durch sie einen klaren Einblick in den Ablauf der Bewegungsvorgänge im Sonnensystem erhält und dadurch in der Lage ist, sich eine dauerhafte Vorstellung zu bilden, wie die Einzelercheinungen ursächlich entstehen, die wir von der Erde aus immer wieder beobachten.

Die Tafeln überdecken einen Zeitraum von fünf Jahrtausenden. Jener Teil, der in die ferne Vergangenheit zurückreicht, dürfte vornehmlich vom Historiker benutzt werden. Dagegen ist der künftige Zeitraum das Interessensfeld der astronomisch Arbeitenden. Oft werden Amateurastronomen und Lehrer gefragt, wann die nächsten Finsternisse oder bestimmte Planetenkonstellationen stattfinden. Die Ahnertschen Tafeln geben auf solche Fragen schon nach kurzer Rechnung präzise Antwort. Die Leiter von Fachgruppen Astronomie, die Astronomielehrer und die Leiter astronomischer Schülerarbeitsgemeinschaften wollen sich bereits frühzeitig auf besondere Beobachtungsereignisse des kommenden Jahres oder sogar darüber hinaus vorbereiten, bei denen es z. B. auch gilt, die herrschende Mondphase zu berücksichtigen. Zu diesem Zeitpunkt liegt meist der bewährte „Kalender für Sternfreunde“ vom gleichen Autor für den fraglichen Beobachtungszeitraum noch nicht vor, und nur wenige von diesen Personen haben Zugriff zu einem astronomischen Jahrbuch. Die Benutzung der „astronomisch-chronologischen Tafeln“ läßt die Planungsarbeit mit sehr guter Genauigkeit für diese Bedürfnisse zu.

Das Werk ist straff in vier Teile gegliedert: Sonnen- und Planetentafeln; Tafeln zur Bestimmung des Mondortes incl. der Finsternisberechnung; Tafeln der Neu- und Vollmonde (Syzygien); Tafeln zur Umwandlung von ekliptikalischer Länge und Breite in Rektaszension und Deklination. Erstrecken sich die Zeiträume, für die die Tafeln benutzbar sind, bei Sonne, Mond und Finsternissen vom Jahr – 3000 bis +2490, so gelten sie für die helio- und geozentrischen Planetenörter von – 1500 bis +2400, und für die Syzygientafeln wird die Zeit von – 1503 bis +2404 überdeckt.

Innerhalb dieser Grenzen lassen sich den Tafeln für Sonne und Planeten nach einfachen Rechnungen, die jeder Laie ausführen kann, folgende interessierende Daten entnehmen: Die Koordinaten und die Entfernungen der Himmelskörper von der Erde; die Aufgangs-, Kulminations- und Untergangszeiten, die Konjunktions- und Elongationszeitpunkte, aber auch die scheinbaren Helligkeiten der Planeten.

Die zu erhaltenden Genauigkeiten für die Örter von Sonne und Mond ($\pm 0,1$), der Planeten ($\pm 0,3$), und die Zeitpunkte der Mondphasen – folglich auch die der Finsternisse – (12 Minuten) sind für den oben erwähnten Benutzerkreis absolut ausreichend. Es zeigt sich bei Nachprüfungen der angegebenen Genauigkeitsgrenzen sogar, daß die Tafeln z. T. einen weit engeren Genauigkeitsgrad besitzen, als er vom Autor summarisch angegeben wird. Außerdem lassen sich die Tafeln für die Berechnung der Zeit für die Aufgänge, Kulminationen und Untergänge des Mondes, dessen Konjunktionen mit Planeten und Sternen (also auch Sternbedeckungen) in gleicher einfacher Weise verwenden.

Allerdings muß sich jeder Benutzer die Zeit nehmen, den erläuternden Textteil, der den Tafeln vorangestellt ist, sehr aufmerksam zu lesen und die gegebenen Rechenbeispiele auch durchzurechnen. Wird diese „Studienzeit“ nicht gescheut, dann gelingt es auch dem mathematisch Unerfahrensten an Hand der Tafeln, Erscheinungen am Sternenhimmel voraussagen.

Sicher wird auch diese 5. Auflage, die vom Verlag wieder gut ausgestattet ist, rasch ihren Interessentenkreis finden. Schade nur, daß der bereits seit den vorangegangenen Auflagen auftretende Schönheitsfehler auf dem Teiltitel zu Teil IV (vor Tafel XXXVIII) noch immer nicht beseitigt wurde. Dort soll es doch sicher heißen: „Tafeln zur Umwandlung von Länge (...) und Breite (...) in der Ekliptik in Rektaszension () und Deklination ()“.

HEINZ ALBERT

PAUL AHNERT: Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten. 5. Auflage bei Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1971. 47 und XLIII Seiten mit 7 Abb., 43 Tafeln und 1 Zellophandeckblatt. Brosch. 10,20 M.

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pflaffe

Der „Internationale Fernmeldeverein“

International Telecommunication Union (ITU) — Union Internationale des Télécommunications (UIT)

fördert die Erforschung des Weltraums

Fortsetzung.

Ein weiteres Thema, das außerhalb der ITU viel diskutiert wird, ist die Anwendung des geostationären Orbits. Eine internationale Arbeitsgruppe hat sich mit diesem sehr komplexen technischen Problem beschäftigt, das weit über die einfache Frage der Anwendung des geostationären Orbits hinausgeht. Tatsächlich ist es notwendig — wie bei aller Funkplanung — nicht nur die Platzierung des Senders, sondern auch die Frequenz und die Frequenzbreite, die für die Transmission verwendet werden, die Energie, das Ausstrahlungsvermögen der Antennen (d. h. das Gebiet, das erfaßt werden soll) zu berücksichtigen, ebenso wie die Stabilität der Strahlung. In der Tat ist diese Frage auch auf der Tagesordnung der Weltraumkonferenz von 1971. Schließlich sollte erwähnt werden, daß der CCIR ein Studienprogramm über Funkkommunikationssysteme für Beobachtungssatelliten, die der Bestimmung der irdischen Ressourcen dienen, angenommen hat.

Entsprechend der Reorganisation des CCIR werden Weltraumstudien gegenwärtig von zwei seiner Studiengruppen durchgeführt:

Studiengruppe 2: Weltraumforschung und radioastronomischer Dienst, Studiengruppe 4: Fester Dienst, der Satelliten nutzt.

Die gemeinsame Sondersitzung des CCIR fand in Genf vom 3. Februar bis 3. März dieses Jahres statt. Ihr Zweck bestand darin — im Rahmen ihrer Richtlinie — alle die Informationen zu beschaffen, die für die Funkweltverwaltungskonferenz für Weltraumtelekommunikation notwendig sind. Diese Sitzung leistete einen beträchtlichen Arbeitsaufwand auf dem Gebiet der Weltraumfunkverbindungen, wobei sie den neuesten technologischen Errungenschaften besondere Aufmerksamkeit schenkte. Die Sitzung wurde von fast 500 Teilnehmern aus etwa 40 Ländern und von vielen internationalen Organisationen, anerkannten privaten Unternehmungen und wissenschaftlichen und Industrieorganisationen besucht.

Gruppen wurden gebildet, die sich mit folgenden Themen beschäftigten: Kommunikationssatelliten — Satellitenrundfunk — Satelliten für mobile (aeronautische und maritime) Dienste — Weltraumforschung — Meteorologische Satelliten — Radioastronomie — Berechnung der Koordinatendistanz und der Interferenzwahrscheinlichkeit — Verbreitungsdaten, die von Weltraumdiensten verlangt werden.

Der Abschlußbericht der Sitzung wird das wesentliche Hintergrunddokument für die Funkweltverwaltungskonferenz für Weltraumtelekommunikation sein. Er ergänzt und bringt die Ergebnisse der XII. Vollversammlung des CCIR auf den neuesten Stand, insbesondere durch die Entwicklung bestimmter Probleme, wie z. B. die Satelliten für die Bestimmung der Erdressourcen.

(iii) Studien über die Integration der Weltraumsysteme in das Welttelekommunikationsnetz, die von dem Internationalen Beratenden Ausschuß für den Telegraphen- und Fernsprechkdienst (CCITT) durchgeführt wurden

Der CCITT berührte auf seiner III. Vollversammlung im Jahre 1964 auch Weltraumkommunikationsprobleme, als entschieden wurde, zu prüfen, welche technischen Studien notwendig sind, um zu ermöglichen, daß die Satelliten (Bahnen) erfolgreich in das bestehende weltweite Telephonnetz integriert werden. Eine Empfehlung — angenommen auf dieser Versammlung — über die allumfassende Verbreitung der Zeitverschiebung, die für einen internationalen Telefonanruf zulässig ist, ist ebenso von beträchtlicher Bedeutung im Hinblick auf Anrufe, die mittels Kommunikationssatelliten in großer Höhe geführt werden.

Die IV. Vollversammlung des CCITT, die im September—Oktober 1968 in Mar del Plata abgehalten wurde, nahm Empfehlungen an, die auf die Bahnen von Telefonsatelliten und auf die Aufrechterhaltung von Satellitenbahnen anzuwenden sind; neue Telex- und Telefonsignalsysteme, die empfohlen worden sind oder die sich in der Untersuchung befinden, ziehen die spezifischen Merkmale von Satellitenbahnen in Betracht. Eine Studiengruppe des CCITT befaßt sich auch mit den Tarifproblemen, die aus der Anwendung von Satellitenbahnen für das Fernsprechwesen entstehen. Es sollte weiterhin erwähnt werden, daß eine unabhängige Gruppe von Experten des CCITT bereits einige Informationen über Kosten gesammelt hat und einen ökonomischen und technischen Vergleich zwischen Satelliten und anderen Transmissionsystemen durchführen wird.

(iv) Ökonomische Studien

Bestimmte ökonomische Aspekte der Weltraumradiokommunikationen werden von der ITU untersucht. Zum Beispiel untersucht der CCITT die Tarife, wie er das auch für konventionelle Systeme tut. Ferner gibt ein Handbuch, das von einer unabhängigen Expertengruppe des CCITT verbreitet worden ist, bestimmte Vergleiche und insbesondere Details über die Kosten von Erdstationen.

Es sind Untersuchungen auf Grund einer Frage im Gange, die auf einer Sitzung des Planungsausschusses für Afrika im Januar—Februar 1967 über den ökonomischen Vergleich von Satellitensystemen mit anderen Systemen entstand.

Satellitenrundfunk verspricht wegen bestimmter ökonomischer Faktoren besonders interessant zu sein. Untersuchungen wurden zuerst im Generalsekretariat des ITU durchgeführt. Sie flossen in einen Ergebnisbericht über die Kosten von möglichen Rundfunksatellitensystemen ein. Der CCITT ist ebenfalls mit ökonomischen Studien beschäftigt und hat in diesem Zusammenhang eine Resolution über die Einrichtung einer internationalen Arbeitsgruppe, die aus Vertretern von 15 Ländern besteht, angenommen. Diese Gruppe traf sich im Februar 1971 während der gemeinsamen Sondersitzung der CCIR-Studiengruppen und bereitete einen Ergebnisbericht vor, der die Situation auf der Grundlage der umfassenden Dokumentation, die der Gruppe verfügbar war, einschätzte.

e) Planung der Weltraumradiokommunikationen

Die Planung auf diesem Gebiet hat zwei sehr bedeutende Aspekte: die Planung von Weltraumfunksystemen und die Integration von Satellitenkommunikationssystemen in das weltweite Telekommunikationsnetz.

In dem gegenwärtigen Stadium der Weltraumtechnologie ist der Bedarf für eine systematische Funkplanung noch nicht aufgetreten, und in der Tat sind die notwendigen Elemente wahrscheinlich noch nicht vorhanden. Das erklärt das Fehlen einer solchen Planung. Jedoch wird die bevorstehende Funkweltverwaltungskonferenz für Weltraumtelekommunikation — während der Zeit der Konferenz — die Durchführbarkeit koordinierter Frequenzplanung für Radiokommunikationssatelliten einschließlich solcher, die sich in einer geostationären Umlaufbahn befinden, beraten und solche Schritte unternehmen, die sie für angemessen hält. Im Gegensatz dazu, widmete der ITU beträchtliche Aufmerksamkeit auf die Planungsaspekte der Integration von Weltraumkommunikationssystemen in das allgemeine Telekommunikationsnetz, sobald wie Kommunikationssatellitensysteme in regulären Betrieb überführt wurden.

Entsprechend der Konvention sind in Erfüllung der gemeinsamen Beschlüsse der Vollversammlungen der Internationalen Beratenden Ausschüsse ein Weltplanungsausschuß und Gebietsplanungsausschuß errichtet worden. Diese Planungsausschüsse bereiten einen allgemeinen Plan für das internationale Telekommunikationsnetz vor, um die Planung der internationalen Telekommunikationsdienste zu erleichtern. Sie unterbreiten den Internationalen Beratenden Ausschüssen Probleme, die von besonderem Interesse für neue Länder und für Entwicklungsländer sind und die innerhalb der Richtlinien dieser Ausschüsse liegen.

So traf sich der Weltplanungsausschuß 1963 in Rom, um weltumspannende Pläne für die Entwicklung des interkontinentalen Telefon- und Telegraphenverkehrs zu beraten und untersuchte die Wirkung, die die mögliche Entwicklung von Telekommunikationssatelliten auf frühere Schätzungen des weltumspannenden Verkehrs haben würde.

Eine andere Sitzung des Weltplanungsausschusses entschied 1967 in Mexico-City über die Integration von Satellitenkommunikationen in das Welttelekommunikationsnetz und betonte dabei die Interdependenz aller Transmissionsmethoden. Mit dieser Sitzung wurde eine Inventur sowohl der bestehenden und projektierten Kommunikationssatelliten als auch der entsprechenden Erdstationen vorgenommen. Lateinamerika war das Zentrum der Arbeit des Planungsausschusses im Jahre 1969, und eine Sitzung des Gebietsplanungsausschusses für dieses Gebiet wurde im September 1969 in Asunción abgehalten. Der Ausschuß für Asien und Ozeanien — zwei Gebiete, in denen die Satellitenkommunikationen zunehmend an Bedeutung gewinnen werden — traf sich im April 1970 in Teheran. Die letzte Sitzung eines Gebietsplanungsausschusses war die des Ausschusses für Afrika, die im Januar 1971 in Lagos abgehalten wurde. Die nächste Sitzung des Weltplanungsausschusses ist für September bis Oktober 1971 in Genf vorgesehen.

f) Aktivitäten der ITU auf dem Gebiet der technischen Zusammenarbeit

Weil es das grundlegende Ziel der ITU ist, die internationale Zusammenarbeit zwischen allen Mitgliedsstaaten zum Zwecke der Weiterentwicklung der Telekommunikationen zu sichern, beschäftigt sich die ITU automatisch mit der technischen Zusammenarbeit in ihren traditionellen Aktivitäten (Planung der interregionalen und regionalen Telekommunikationsnetze, Unterstützung der Verwaltungen, wenn sie es wünschen bei dem Management des Radiofrequenzspektrums).

Jedoch hat die Evolution der Konzeption der internationalen Zusammenarbeit, wie sie für die Entwicklungsländer verwendet wird, die ITU dazu geführt, sich auf bestimmte individuelle Programme einzulassen, die durch ihre technischen Organe und durch eine Abteilung für technische Zusammenarbeit — im allgemeinen innerhalb des Rahmens des Entwicklungsprogramms der UNO (UNDP) — durchgeführt werden.

Bevor eine detaillierte Untersuchung der Aktivitäten der weltraumorientierten technischen Zusammenarbeit der ITU unternommen wird, sollte festgestellt werden, daß die Telekommunikationen eine Einheit (einheitliche Ganzheit) bilden. Daraus ergibt sich, daß die Aktivitäten der technischen Zusammenarbeit auf dem gesamten Gebiet der Telekommunikationen eine definitive Auswirkung auf die Weltraumradiokommunikationen haben.

Die Aktivitäten der ITU auf diesem Gebiet bestehen in der Bereitstellung von technischen Beratern und Berufsausbildungsprogrammen.

(i) Technische Berater

Innerhalb des Rahmens des UNDP entsendet die ITU Experten auf dem Gebiet der Organisation, Operation, Instandhaltung und Planung in die Entwicklungsländer. Die Experten assistieren hauptsächlich bei der Planung nationaler oder regionaler Telekommunikationsnetze und schenken der Anwendung der neuen Einrichtungen, die durch die Weltraumtelekommunikationen bereitgestellt worden sind, besondere Aufmerksamkeit.

(ii) Stipendiengewährung

Stipendien, die es Technikern ermöglichen, sich zu qualifizieren oder sich auf einem Gebiet der Telekommunikationen zu spezialisieren, werden von der ITU im Rahmen des UNDP gewährt.

(iii) Von der ITU organisierte Seminare

Weil die Telekommunikationen Teil der Aktivitäten der ITU auf dem Gebiet der technischen Zusammenarbeit seit 1965 sind, sind bisher 4 spezialisierte Seminare unter der Leitung der ITU abgehalten worden, die insbesondere für die neuen und die Entwicklungsländer bestimmt waren.

Das letzte von diesen schließt „Die Integration von Satellitenkommunikationen in die allgemeinen Telekommunikationsnetze“ ein. Es wurde in der Zentrale der ITU in Genf im August 1969 abgehalten. Ein weiteres Seminar, das besondere Betonung auf die Weltraumtelekommunikationen legte, wurde in Marokko im Januar 1970 abgehalten. Diese Seminare werden mit finanzieller Unterstützung des UNDP durchgeführt, von dem ebenfalls die Stipendien für die Teilnehmer zur Verfügung gestellt werden. Das Thema Weltraumtelekommunikationen wird ebenso in den allgemeinen — von der ITU organisierten — Seminaren intensiv behandelt.

(iv) Experimentelle Erdstation für Satellitenkommunikation in Ahmedabad (Indien)

Die Errichtung der Experimentellen Erdstation für Satellitenkommunikation im Ahmedabad in Indien — mit der Unterstützung der ITU und dem UNDP — als ein Zentrum für Forschung und Ausbildung war ein wichtiges Projekt. Das Zentrum bildet indische Ingenieure, Wissenschaftler und Techniker in allen Phasen des Entwurfes, der Konstruktion, der Operation und der Unterhaltung einer

Kommunikations-Satellitenerdstation und in der Technologie von Kommunikationssatellitensystemen aus. Die indische Regierung stellte die Ausbildungseinrichtung der Station den Ingenieuren und Technikern anderer Länder zur Verfügung.

Das UNDP (Spezial Fonds) unterstützte das Projekt, indem es die Kommunikationsausrüstung für die Erdstation bereitstellte, indem es internationale Experten entsandte, um bei der Errichtung der Station und der beginnenden Ausbildungskurse zu helfen und indem es bestimmte Stipendien für indische Ingenieure anbot. Der Beitrag des Spezialfonds zum Projekt hatte eine Höhe von 625 000 US-\$ Die indische Regierung stellte den Boden, Gebäude, Ausrüstung und Personal zur Verfügung und wird Studentenwohnhäuser errichten. Ihr Beitrag beläuft sich auf einen geschätzten Wert von 1,2 Millionen US-\$.

Um die Teilnahme ausländischer Studenten aus der Region in den Kursen zu erleichtern, bot die indische Regierung Stipendien in Höhe von 1 000 Rupien pro Monat für jeden ausländischen Ingenieur mit postgradualer Qualifikation und 800 Rupien pro Monat für jeden ausländischen Techniker.

Drei Ausbildungskurse sind bis jetzt mit dreißig indischen und dreißig ausländischen Graduierten abgeschlossen worden. Die ITU hat bis heute dem Ahmedabad-Zentrum 36 Monate lang Expertendienste geleistet.

Die künftige Entwicklung, die für die Experimentelle Erdstation für Satellitenkommunikation projektiert ist, ist ihre Benutzung als eine der Stationen, die in dem projektierten „Indien/USA-ETV-Satelliten-Experiment“ zu Satelliten sendet. Die Ahmedabad-Station würde in diesem Projekt auch damit beschäftigt werden, Leistungsmessungen von den Sendungen durchzuführen, die von den betreffenden Satelliten gesendet werden. Eine gemeinsame Beobachtungsmision des UNDP und der ITU besuchte Indien, um eine Einschätzung über die Tätigkeit des Ahmedabad-Zentrums vorzunehmen und um über die zukünftige Rolle der Experimentellen Erdstation für Satellitenkommunikation zu beratschlagen. Diese Mission stellte fest, daß das Projekt durch eine zweite Phase fortgesetzt werden sollte und daß ITU-Unterstützung besorgt werden sollte, um den Bereich der gegebenen Ausbildung zu intensivieren und zu vergrößern.

(v) Es hat auch zwei gemeinsame Missionen UNESCO/ITU gegeben, eine nach Südamerika und die andere nach Pakistan, mit der Absicht, die Möglichkeiten der Anwendung der Weltraumkommunikationen für Bildungs- und andere Entwicklungsprogramme zu studieren. Die Länder, die in Südamerika besucht wurden, waren Argentinien, Chile, Columbien, Ecuador, Peru und Uruguay.

3. Zukünftige Aktivitäten

Die zukünftigen Aktivitäten der ITU in bezug auf den Weltraum werden sich im Rahmen ihrer Richtlinien — wie oben beschrieben — entwickeln. Sie werden sich nicht auf spezifische Programme beziehen, sondern sich in Form einer fast kontinuierlichen Serie von Sitzungen und Aktivitäten, an denen hauptsächlich die ständigen ITU-Organe (CCIR, CCITT und IFRB) beteiligt sind, entwickeln.

Die stärkste Aktivität, die für die nahe Zukunft geplant ist, ist die Funkweltverwaltungs-konferenz für Weltraumtelekommunikation, die in Genf für 6 Wochen — beginnend am 7. Juni 1971 — abgehalten werden wird.

4. Zusammenarbeit mit anderen Organisationen

Die ITU arbeitet auf einer permanenten Basis mit einer Anzahl von internationalen Organisationen, die in irgendeiner Weise mit Satelliten befaßt sind, zusammen. Die ITU nimmt an den Sitzungen des UNO-Ausschusses für die friedliche Nutzung des Weltraumes und an seinen zwei Unterausschüssen teil. Im besonderen nimmt sie an den Sitzungen der UNO-Arbeitsgruppe über „Direkte Rundfunksatelliten“ teil.

In bezug auf Spezialorganisationen hat die Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Weltraums keine grundlegenden neuen Probleme aufgeworfen. Diese Zusammenarbeit existierte schon viele Jahre lang im Hinblick auf die konventionellen Telekommunikationen, und das Entstehen der Weltraumtechnologie fügte nur ein weiteres Thema, das enge Zusammenarbeit erfordert, hinzu.

Von den Spezialorganisationen, mit denen eine solche Zusammenarbeit besteht, sollten die Internationale Organisation für Zivilluftfahrt (ICAO — International Civil Aviation Organization), die Internationale Beratende Seeschiffahrtsorganisation (IMCO — Intergovernmental Maritime Consultative Organization) und die Weltorganisation für Meteorologie (WMO — World Meteorological Organization) erwähnt werden.

Die Zusammenarbeit zwischen der ITU und der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung,

Wissenschaft und Kultur (UNESCO — United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) ist leicht unterschiedlich. Es ist wahr, daß die Zusammenarbeit zwischen den beiden Organisationen seit einiger Zeit existierte, aber das Entstehen der Weltraumtechnologie rief großes Interesse bei der UNESCO wegen der damit verbundenen neuen Bildungsmöglichkeiten hervor. Aus diesem Grunde ist eine enge Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Organisationen entwickelt worden. Es gibt zwei Aspekte: erstens, die aktive Teilnahme jeder Organisation an den Sitzungen der anderen Organisation, die Weltraumfragen gewidmet ist; zweitens, die Einrichtung einer gemeinsamen UNESCO/ITU-Mission für ausgewählte Projekte (Anwendung von Satelliten für Bildungszwecke).

In Ergänzung zu ihren Beziehungen zu den Vereinten Nationen und zu den Spezialorganisationen arbeitet die ITU eng sowohl mit internationalen Organisationen, die sich spezifisch mit Weltraumfragen beschäftigen (solche wie die IAF und COSPAR) als auch mit regionalen Organisationen, die im Zusammenhang mit öffentlichen Telekommunikationen oder Rundfunk stehen, zusammen.

5. Publikationen und Dokumentation

Die Titel von einigen ITU-Publikationen zum Thema Weltraum wurden nachfolgend angegeben. Diese Liste ist streng begrenzt auf solche Arbeiten, die von der ITU-Verkaufsabteilung bezogen werden können. Sie schließt nicht die vielseitigen Dokumente über Weltraum und über die ITU-Konferenzen ein; seit 1958 sind Tausende von solchen Dokumenten herausgegeben worden.

- (1) Internationaler Fernmeldevertrag, Montreux, 1959
- (2) Funkregelungen, Genf, 1959
- (3) Schlußniederschriften der Außerordentlichen Funkverwaltungs-konferenz über die Zuweisung der Frequenzbreiten für die Weltraumfunkkommunikation, Genf, 1963
- (4) Schlußniederschriften der Außerordentlichen Funkverwaltungs-konferenz für die Vorbereitung eines revidierten Verteilungsplanes für den Aeronautischen Beweglichen Dienst (R), Genf, 1966
- (5) Schlußniederschriften der Funkweltverwaltungs-konferenz, die sich mit Themen im Zusammenhang mit dem Beweglichen Maritimen Dienst beschäftigen, Genf, 1967
- (6) Liste der Stationen der Weltraumdienste und des Radioastronomischen Dienstes, vorbereitet vom Internationalen Ausschuß für Frequenzregistrierung (IFRB), 1. Ausgabe, 1. November 1966
- (7) Dokumente der XII. Vollversammlung des CCIR, Neu Delhi, 1970
 Band IV, Teil 1 — Funkübertragungssysteme
 Band IV, Teil 2 — Weltraumsysteme und Radioastronomie
 Band V, Teil 1 — Rundfunk
 Band V, Teil 2 — Fernsehen
 Band VI — Bewegliche Dienste
- (8) Weißbuch, IV. Vollversammlung des CCITT, Mar del Plata, 1968
 Band II A — Telephonoperation und Tarife
 Band III — Richtübertragung
- (9) GAS/3 Handbuch (CCITT) Ökonomische und technische Aspekte der Auswahl der Transmissions-systeme, 1969
- (10) Generalplan für die Entwicklung des Interregionalen Telekommunikationsnetzes, Mexiko, 1965 bis 1970—1975
- (11) Generalplan für die Entwicklung des Internationalen Netzes in der Region Europa und dem Mittelmeer, 1970—1974—1978 (Warschau 1970)
- (12) Generalplan für die Entwicklung des Internationalen Netzes in der Region Asien und Ozeanien, 1965—1970 (Melbourne 1966)
- (13) Generalplan für die Entwicklung des Regionalen Netzes in Lateinamerika, 1968—1974—1978 (Asuncion 1970)
- (14) Generalplan für die Entwicklung des Internationalen Netzes in Afrika, 1965—1970 (Addis Abeba 1967)
- (15) ITU-Telekommunikationsjournal. Seit 1958 enthalten die meisten Ausgaben Berichte oder Artikel über Weltraumtelekommunikationen. Achten Sie insbesondere auf die Spezialausgaben:
 — Telekommunikation und Bildung (Juli 1970)
 — Telekommunikation und Weltraum (Mai 1971).
- (16) Jahresberichte des Internationalen Fernmeldevereins über Telekommunikation und die Friedliche Nutzung des Weltraums. (Der neunte Bericht — über das Jahr 1969 — ist erschienen; der zehnte Bericht — über das Jahr 1970 — wird Mitte 1971 erscheinen).
- (17) Gedenkschrift zum 100jährigen Jubiläum der ITU — vom Zeichentelegraph zum Satelliten.

6. Austausch und Verbreitung von Informationen

An erster Stelle sollte festgestellt werden, daß in der ITU Weltraumfragen im größeren Zusammenhang der Telekommunikationen untersucht werden. Aus diesem Grunde sind die Probleme, die mit dem Austausch und der Verbreitung von Informationen über Weltraumfragen zusammenhängen, nicht besonders neu.

- Informationen werden hauptsächlich mit den Mitgliedern der ITU ausgetauscht — mit anderen Worten, mit den Organen, die für die Zusammenarbeit der Telekommunikationen auf nationaler Ebene verantwortlich sind. Es sind die Mitglieder der ITU, die die Union mit all den notwendigen Daten beliefern, die für die Formulierung der Regulierungen, der technischen Standards oder Pläne notwendig sind. Die Dokumentation ist im allgemeinen sehr technisch und extrem umfangreich.
- Die Beschlüsse, die von den verschiedenen ITU-Konferenzen angenommen werden und die Arbeit, die von der ITU im Rahmen ihrer Richtlinien durchgeführt wird, wird durch die Publikationen verbreitet, von denen eine Teilliste in Ziffer 5 aufgeführt wurde.

In Ergänzung zu den Publikationen wird die Arbeit der ITU durch entsprechende Berichte der Aufmerksamkeit der beteiligten Organisationen zugänglich gemacht. Erwähnt werden sollten auch die verschiedenen Seminare, die von der ITU organisiert werden; selbst wenn sie nicht spezifisch mit dem Weltraum zusammenhängen, so ziehen sie immer die Anwendung der Weltraumtechnologie in die Betrachtung ein.

Letztlich sollte auf die Arbeit der ITU-Informationensabteilung verwiesen werden: zahlreiche Artikel oder Spalten über Weltraumfragen im Telekommunikationsjournal; Erklärung von ITU-Weltraumaktivität auf Ausstellungen, mannigfaltige Vorträge, Welttelekommunikationstag, etc.

Die Mitglieder der ITU haben auch eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Informationen über die Weltraumaktivitäten der ITU zu spielen, weil sie meistens direkt mit diesen Aktivitäten verbunden sind. Ferner haben sie, wie die jeweiligen — für die Koordinierung der Telekommunikation auf nationaler Ebene verantwortlichen — Organe, die verschiedenen Abteilungen, die sich mit Weltraumfragen befassen, über die Beschlüsse und Aktivitäten zu informieren. Der Prozeß ist derselbe, wie er viele Jahre lang im Rahmen der konventionellen Telekommunikation durchgeführt wurde.

Nach UNO-Materialien zusammengestellt von Dr. HARRY FELLHAUER/STELZNER

Besuch bei der Bulgarischen Astronautischen Gesellschaft

Dr. D. B. HERRMANN

Die fruchtbare Wechselbeziehung, in der heute Astronomie und Raumfahrt zueinander stehen, ist ein logisches Resultat der bisherigen Entwicklung. Dabei ist es besonders die Himmelsmechanik gewesen, die der Raumfahrt den Weg in den Kosmos bereitet hat. Mit der Raumfahrt wiederum trat die extraterrestrische Astronomie, jene für die weitere Erkenntnis des Kosmos so entscheidende neue Disziplin, vom Reich der Träume in die Wirklichkeit. Schon aus diesem Grunde ist die Geschichte der modernen Astronomie zunehmend mit der Entwicklung der Raumfahrt eng verbunden. Die historische Wurzel dieser Beziehung hatte die Bulgarische Astronautische Gesellschaft klar erkannt, als sie einen Bahnbrecher der Astronomie zum Gegenstand ihrer Ehrungen machte und gemeinsam mit der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften, der Sofiaer Universität und dem Kultur- und Informationszentrum der DDR in Sofia zwei Feiern aus Anlaß des 400. Geburtstages von Johannes Kepler durchführte.

Die erste der beiden Veranstaltungen fand am 22. Dezember 1971 im Hauptgebäude der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften statt. Den Festvortrag, eine Gesamtstellung der Leistungen Keplers, hielt der Präsident der Bulgarischen Astronautischen Gesellschaft, der Astronom Prof. Dr. Boneff. Den weiten Bogen in die Himmelsforschung unserer Tage spannte anschließend ein ausgezeichnetes sowjetischer Farbfilm über das Unternehmen Luna-16, in dessen Verlauf im Jahre 1970 zum erstenmal durch eine Sonde eine Bodenprobe vom Mond zur Erde geholt wurde. An der gelungenen Veranstaltung, die sich eines starken Zuspruchs der Öffentlichkeit erfreute, nahmen zahlreiche bulgarische Astronomen teil. Im Anschluß an die Veranstaltung lud das Präsidium der BAG zu einem Empfang, an dem neben dem Präsidenten u. a. der Vizepräsident Oberstleutnant L. Georgieff, der wissenschaftliche Sekretär Dipl.-Ing. G. Asparuchoff sowie Vertreter von Forschungs- und Volkssternwarten teilnahmen. In dem lebhaften Informations- und Meinungsaustausch wurde begrüßt, daß der Geburtstag Johannes Keplers erstmalig Vertreter der Deutschen Astronautischen Gesellschaft und der bulgarischen Schwestervereinigung zusammengeführt habe und dadurch eine intensivere Zusammenarbeit beider Gesellschaften vorbereitet werden könne. Die zweite Veranstaltung fand am 23. Dezember im Kultur- und Informationszentrum der DDR in Sofia statt. An diesem — ebenfalls außergewöhnlich gut besuchten — Vortragsabend sprach der Verfasser über „Johannes Kepler an der Schwelle zur Himmelsmechanik“. Dabei ging es vor allem um die Frage, welche wissenschaftlichen und philosophischen Einsichten und Überzeugungen Kepler dazu geführt haben, die Frage nach der Ursache der Planetenbewegung zu stellen und welche Resultate er auf diesem anspruchsvollen Weg erzielte. Im Anschluß an den von Lichtbildern begleiteten Vortrag lief der tschechoslowakische Film „Kometen“. Auch dieser Abend wirkte über den un-

mittelbaren Anlaß hinaus; denn damit — so betonte der stellvertretende Leiter des DDR-Kulturzentrums Queschnig — war es erstmals zu einer direkten Zusammenarbeit zwischen unserem Kulturzentrum und der BAG gekommen, ein Weg, den man auch künftig beschreiten möchte.

Astronomie in der VR Bulgarien

Von großem Interesse war der Besuch in der Sofioter Universitäts-Sternwarte bei Doz. Dr. Nikoloff und seinen Mitarbeitern. Dr. Nikoloff berichtete, daß die Erforschung der Sterne in der jüngeren bulgarischen Geschichte praktisch kaum eine Tradition besitzt. Die Jahrhundertelange Türkenherrschaft, die erst durch das entschlossene Eingreifen der Russen im Befreiungskrieg 1877/78 beendet wurde, hatte die Entfaltung einer selbständigen nationalen Kultur und die Ausbildung einer Wissenschaft in Bulgarien unmöglich gemacht. Noch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (!) wurde ein bulgarischer Lehrer, der vor einer türkischen Prüfungskommission das Kopernikanische Weltssystem verteidigte, wie ein Lügner behandelt, dem die Lehrbefähigung versagt werden müsse. Erst 1894 wurde die Sofioter Universitäts-Sternwarte gegründet. Gemessen an den damals tonangebenden Forschungsinstituten in Europa, Amerika und Rußland war sie nur außerordentlich bescheiden ausgestattet. Das größte Instrument ist ein 180-mm-Refraktor mit einer Brennweite von 3 m. Die geringen instrumentellen Möglichkeiten gestatteten der kleinen Zahl bulgarischer Astronomen daher auch keine gleichberechtigte Teilnahme an den zu Beginn des 20. Jahrhunderts entstandenen Forschungsschwerpunkten. Vergebens suchten wir die Namen bulgarischer Astronomen zu Anfang unseres Jahrhunderts in den anerkannten astronomischen Journalen. Lediglich auf einigen Spezialgebieten, wie in der Störungsrechnung, vor allem der Anwendung auf die damals in rascher Folge entdeckten kleinen Planeten, waren bulgarische Astronomen tätig. Es dominierten stets Gebiete, die auch ohne beachtliche instrumentelle Hilfsmittel erfolgreich versprechend waren. In der neueren Zeit werden an der Sternwarte in Sofia veränderliche Sterne mit lichtelektrischen Verfahren untersucht, vor allem Veränderliche des Typs Delta Cephei. Bei der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften existiert ebenfalls eine astronomische Sektion. Dort stehen Probleme der extragalaktischen Astronomie im Vordergrund, allerdings — aus den schon genannten Gründen — vorwiegend statistische Untersuchungen. Auf dem Forschungsprogramm stehen ferner die Spektren anomaler Sterne. Das hierzu erforderliche empirische Material kann allerdings gegenwärtig ebenfalls nicht in der VR Bulgarien gewonnen werden. Deshalb existiert eine enge Zusammenarbeit mit den sowjetischen Kollegen vom Krim-Observatorium. Überhaupt bestehen gute Beziehungen zu den sowjetischen Astronomen. Der sich jetzt in Bulgarien anbahnende Aufschwung der Astronomie ist zu einem wesentlichen Teil diesen Kontakten zu danken. Eine enge Zusammenarbeit, bei der die bulgarischen Astronomen die Praxis der Forschung kennenlernten, gab es auch mit Prof. Kukarkin vom Sternberg-Observatorium in Moskau, dem international bekannten Veränderlichen-Spezialisten. Auch mit den Astronomen der DDR bestehen Beziehungen; so weisen z. B. gegenwärtig zwei Aspiranten aus Sofia am Zentralinstitut für Astrophysik der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Potsdam. Die Intensivierung der Ausbildung der bulgarischen Astronomen ist vor allem im Zusammenhang mit einem großen Projekt zu sehen, das der bulgarischen Astronomie eine beachtliche Perspektive eröffnen wird: bis zum Jahre 1975 soll in den Rhodopen in 1750 m Höhe über dem Meeresspiegel ein 2-m-Spiegelteleskop vom VEB Carl Zeiss, Jena, aufgestellt werden, so daß die VR Bulgarien dann über das größte astronomische Beobachtungsinstrument auf der Balkanhalbinsel verfügen wird. Die Beobachtungsbedingungen dort sind ausgezeichnet, wie langjährige meteorologische Messungen ergeben haben. Prof. Ambarzumjan, der die bulgarischen Astronomen unlängst besuchte, hat sich über die Standortwahl sehr anerkennend ausgesprochen. Die Inbetriebnahme dieses modernen Instruments wird die Forschungsmöglichkeiten der bulgarischen Astronomie wesentlich erweitern und einen merklichen Aufschwung der astronomischen Aktivitäten mit sich bringen. Bereits jetzt verfügt Bulgarien über ein eigenes Publikationsorgan für Astronomie, das allerdings nicht kurzperiodisch erscheint, von dem aber bis 1971 schon 5 Bände erschienen sind.

Popularisierung der Astronomie und Raumfahrt

Der Universitäts-Sternwarte obliegt neben den Forschungen vor allem die Ausbildung von Studenten, hauptsächlich für die Lehrberufe. Den künftigen Pädagogen werden an der Sofioter Universität die Grundlagen der Himmelsmechanik, Astrophysik, extragalaktischen Astronomie und anderer wichtiger Spezialdisziplinen der Astronomie und Kosmosforschung vermittelt. Groß ist das Interesse für Raumfahrt und Astronomie auch in der breiten Öffentlichkeit. Es ist hier wie anderswo, durch die Entwicklung der Raumfahrt mit ihren faszinierenden Erfolgen mächtig stimuliert worden. Diesem Interesse versucht die Bulgarische Astronautische Gesellschaft, zu deren eifrigsten Mitgliedern viele Astronomen gehören, durch Vorträge und Pressepublikationen gerecht zu werden. Der Bedarf an populärwissenschaftlichen Büchern kann kaum gedeckt werden; es fehlt auch noch an geeigneten Autoren. Die Raumfahrt förderte auch das Entstehen von Volkssternwarten. Gegenwärtig existieren in Bulgarien vier solcher Einrichtungen: in Stara Sagora im Zentrum des Landes, unweit der Westgrenze nahe Jugoslawien in Belogradschik, im Südosten in Jambol und in Varna am Schwarzen Meer. Zwei dieser Sternwarten besitzen Kleinplanetarien. Die Sternwarte in Stara Sagora soll im Kopernikus-Jahr 1973 mit einem Raumflug-Planetarium vom VEB Carl Zeiss, Jena, ausgestattet werden. Dank der Freundlichkeit der Gastgeber war es möglich, außerhalb des geplanten Programms einen Tagesausflug zu der etwa 200 km entfernten Sternwarte in Belogradschik zu unternehmen. Belogradschik liegt im westlichen Teil des Vorkarpaten, dem eine weithin berühmte Felslandschaft das Gepräge gibt. Die phantastischen Gebilde aus rotfarbenen Sandsteinen fesseln jeden Besucher. Berühmte Reisende haben den eigenartigen Reiz dieser Landschaft geschildert. Eine Volkssternwarte ist trotz der Abgelegenheit der Bergwelt hier am rechten Platz; denn besonders während der Sommermonate kommen tausende Touristen hierher, um die Felswelt zu bewundern. So ist die Popularisierung der Astronomie hier zunächst auf die Touristen abgestimmt, während die Sternwarte sonst hauptsächlich den Liebhabern der Sternkunde und den Schülern zur Verfügung steht, deren Schüler hier die Anfangsgründe der Astronomie in Theorie und Praxis erlernen können. Der rührige Leiter und Initiator der Sternwarte, Alexander Tomoff, betonte, daß die Möglichkeiten für die Popularisierung hier nach und nach noch weiter ausgebaut werden sollen. Die ausgezeichnete Lage der Sternwarte und das beachtliche Hauptinstrument — ein Zeiss-Refraktor mit 600-mm-Öffnung — lockt allerdings auch die Fachastronomen immer wieder nach Belogradschik. Im August 1971 wurde hier z. B. eine Serie gut gelungener Marsfotografien anläßlich der Großen Opposition dieses Planeten gewonnen. Woran es der Sternwarte vorerst noch fehlt, das ist ein Fundus an Fachliteratur.

Faßt man die Eindrücke zusammen, die ein Besuch in der VR Bulgarien über die Arbeit auf dem Gebiet der Astronomie, der Popularisierung der Astronomie und Raumfahrt vermittelt, so kann man sagen: die bulgarischen Kollegen stehen vor einer raschen Entwicklung, die eingebettet ist in die große ökonomische und kulturelle Entwicklung, die dieser sozialistische Staat sichtbar und beeindruckend in den letzten Jahren zu verzeichnen hat. Eine engere Zusammenarbeit mit den Kollegen aus der DDR, der Deutschen Astronautischen Gesellschaft, dem Zentralen Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes, sowie den Volks- und Schulkulturschülern, wird sich fruchtbringend auf die Lösung vieler gemeinsamer Probleme auswirken.

Die Apollo-Serie

Einschränkung kontra Erweiterung

W. D. FROMM

Programmabkürzungen

Die angespannte Budgetsituation der NASA hat dazu geführt, daß von den ursprünglich geplanten 10 bemannten Mondlandemissionen nur 6 Flüge verblieben sind, die wissenschaftlich wertvolle Erkenntnisse erbracht haben bzw. noch erbringen müssen. Durch die Stilllegung der Saturn-V-Produktion mußten zur Sicherung der mit dem Skylab-Raumlaboratorium geplanten Unternehmungen vorerst die Trägerrakete von Mission A 20, später auch die für A 19 und A 18 bestimmten Saturn-V aus dem Mondprogramm abgezogen werden. Außerdem mußte durch den Ausfall von A 13 ein Zielgebiet zum zweiten Male angeflogen werden. Von den ursprünglich ausgewählten 10 Landeplätzen können daher bestenfalls noch 6 erreicht werden (Tabelle 1). Gerade auf einige hochinteressante Gebiete muß verzichtet werden; z. B. wird in Schröters Tal der Ursprung der rätselhaften Leuchterscheinungen vermutet, die hin und wieder beobachtet werden konnten. Die Hyginus-Rolle gleicht in ihrem bisher bekannten Aussehen einem durch Wasserosion entstandenen Tal, hier sollte in tieferen Schichten nach eventuellen Wasservorkommen gesucht werden.

Einige der eigentlich für A 18 und A 19 vorgesehenen Experimente, wie Messung von Gezeitenschwankungen, Registrierung der Häufigkeit von Meteoritenaufschlägen bzw. Auswürfen von Mondmaterial, Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der Oberfläche und Nachweis von Schichtstrukturen, werden in ihrer Entwicklung wahrscheinlich nicht soweit beschleunigt werden können, daß sie schon für A 16 und A 17 zur Verfügung stehen. Der dadurch entstehende Ausfall einiger geplanter Experimente wird aber von beteiligten Wissenschaftlern als bei weitem nicht so schwerwiegend betrachtet wie die Tatsache, daß durch die Verringerung der Gesamtzahl der Flüge auch einige schon auf dem Mond installierte Geräte an Wert verlieren. Es kommt z. B. nicht so sehr darauf an, bei jedem neuen Flug ein neues Experiment auszuführen; vielmehr ist die Aufstellung von identischen Geräten an verschiedenen Teilen der Mondoberfläche von höherem Erkenntniswert. Der Plan, 9 passive Seismometer auf der sichtbaren Seite des Mondes entlang des Äquators zu stationieren, bleibt nur noch als Rudiment erhalten. Es sind beispielsweise mindestens 3 Seismometer erforderlich, um den Ursprungspunkt der regelmäßigen Bebeerscheinungen annähernd bestimmen zu können.

Das technologische Ziel, die Mondlandung so sicher zu gestalten, daß auch Wissenschaftler ohne jahrelange Flugerfahrung die Mondlandefähre sicher auf der Oberfläche absetzen können, wird im Apollo-Programm nur zum Teil erreicht werden. Nachdem die A 16-Crew mit Young, Mattingly und Duke wiederum aus 3 Testpiloten besteht, wird erst bei A 17 neben Kommandeur Eugene Cernan und Kapselpilot Ron Evans der Geologe Dr. Harrison Schmitt als Mondfährenpilot eingesetzt werden können. Trotz dieser Einschränkungen bleibt die wissenschaftliche Ausbeute des Gesamtprogramms immens hoch. In dem Bemühen, der häufig geäußerten Kritik zu begegnen und Effektivität und Ausbeute der Einzelmission zu erhöhen, sind einige interessante konstruktive Veränderungen vorgenommen worden. Den durch den Übergang zu den Flügen der sog. J-Serie wesentlich gesteigerten wissenschaftlichen Möglichkeiten sind in Tabelle 2 die Charakteristika der vorangegangenen Missionen gegenübergestellt.

Verbesserte Ausrüstung

Die sichtbarsten Veränderungen bestehen in der Ausfüllung der bislang leeren Abteilung 1 des Service-Moduls mit wissenschaftlichen Geräten, dem sog. SIM (Science Instruments Module), und der Mitführung eines Mondfahrzeugs, des LRV (Lunar Roving Vehicle). Während die Kapazität der Trägerrakete der Erhöhung der Nutzlast ohne weiteres gewachsen war, mußten durch die Erhöhung der auf dem Mond abzusetzenden Nutzlast vom Hersteller des Abstiegstriebwerkes der Landefähre konstruktive Veränderungen vorgenommen werden. Durch die Verbesserung des Armierungsmaterials der ablationgeköhlten Düse gelang es, die Erosionsrate auf 50–60 Prozent des alten Wertes zu senken. Die dadurch verlängerte Brenndauer des Landetriebwerkes erfordert zwar eine Betankung mit 6,3 Prozent mehr Treibstoff und führt zu einem etwa 16,5 t schweren Landegerät, ermöglicht es aber, 300 kg mehr wissenschaftliche Nutzlast auf den Mond zu bringen. 180 kg entfallen dabei auf den Rover, ein vierrädriges, von Ag/Zn-Akkumulatoren angetriebenes Gefährt mit einer Höchstgeschwindigkeit von 16 km/h und einer maximalen Fahrstrecke von 120 km. Das Fahrzeug bietet beiden Astronauten Platz und ist mit einer ferngesteuerten Fernsehkamera, einer Richtantenne zur Verbindung mit der Erdbodenstation und einem kleinen Rechner ausgerüstet, der mit Hilfe einer Trägheitsplattform der Besatzung die jeweilige Relativposition zur Landefähre anzeigt, was im zerklüfteten Mondterrain und bei der geringen Horizont-Horizont-Sichtweite bei begrenztem Sauerstoffvorrat von lebenswichtiger Bedeutung ist. Das wesentlichste neue Moment im Apolloprogramm besteht im Beginn einer Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen aus der Mondumlaufbahn. Diese Ergänzung des zunächst mondoberflächengebundenen Projekts wurde bei der Konstruktion des Raumfahrzeugs berücksichtigt: Eine der 6 Sektionen des Service-Moduls wurde für die geplante Experimentpackung reserviert. Das SIM mit einer Masse von etwa 600 kg ließ sich relativ leicht in das Gesamtsystem integrieren. Die Bedienung der Experimente erfolgt vom Kommandoteil aus, meist besteht sie aber nur im Ein- oder Ausschalten des betreffenden Gerätes. Für den erhöhten Bedarf an Druckgas zur Lage-regelung wurden einige Zusatztanks hinter der SIM-Rückwand installiert. Die Datenverbindung mit der Erde erfolgt über das einheitliche S-Band-System. Bis 4 Stunden vor Einbruch in die Mondumlaufbahn bleibt das SIM mit einer Tür verschlossen. Um den Zeitpunkt des Abstrengens der Tür gab es Diskussionen, da einerseits beizeitigem Abwurf eine Kontamination der Sensoren durch die Manöver der Landefähre befürchtet wurde, andererseits die Geräte möglichst während der gesamten Umlaufzeit um den Mond eingesetzt werden sollten.

Im folgenden werden die einzelnen Experimentgruppen ausführlicher erläutert. Die Darstellung soll zeigen, welche große Zahl von Untersuchungen bereits aus der Umlaufbahn (und zum Teil nur aus ihr) durchgeführt werden kann. Hier ergeben

Tabelle 1: Apollo - Landeplätze

Mission:	geplantes Landegebiet:	erreichtes Landegebiet:
A 11	Mare Tranquillitatis	Mare Tranquillitatis
A 12	Oceanus Procellarum	Oceanus Procellarum
A 13	Fra Mauro Hochland	—— (Abbruch)
A 14	Censurinus-Krater	Fra Mauro Hochland
A 15	Nähe Littrow-Krater	Hadley Rille, Apenninen
A 16	Kopernikus-Krater	} Krater Kopernikus und Descartes
A 17	Tycho-Krater	
A 18	Marius-Krater	} —— (gestrichen)
A 19	Schröters Tal	
A 20	Hyginus Rille	

Tabelle 2: Charakteristika der Apollo-Serien

Apollo-Serie	H	I	J
Missionen	A 11	A 12, A 14	A 15, A 16, A 17
Missionsziel	Mondlandung und sichere Rückkehr	Monderforschung in Landeplatznähe	Erweiterte Monderforschung in größerem Raum um Landeplatz und aus Umlaufbahn
Landeplatz	ebenes Gebiet in Äquatornähe	rauhes Gebiet in Äquatornähe	beliebiges Gebiet bis 40 Grad Inklination
Landegenauigkeit	10 km	1 km	500 m
Gesamtdauer des Fluges	10,8 Tage	10 Tage	bis zu 16 Tagen
Aufenthaltsdauer Mondoberfläche	22 Stunden	33 Stunden	78 Stunden
Ausstiegsdauer	2 Stunden	9 Stunden	40–54 Stunden
Radius der Erforschung des Landegebiets	100 m	1,5 km	10 km
Weglänge	360 m	3 km	bis zu 50 km
zurückgeführte Proben	24 kg	50 kg	bis zu 75 kg
Nutzlast Mondoberfläche	130 kg	300 kg	600 kg
Nutzlast Mondumlaufbahn	25 kg	50 kg	525 kg

sich interessante Parallelen zur Anwendung solcher weitgehend automatisch arbeitenden Einrichtungen in der Erdumlaufbahn, wie sie in großem Maßstab für das Erderkundungssatellitenprogramm vorgesehen sind und große wirtschaftliche Bedeutung erlangen werden.

1. Subsatellit

Etwa 24 Stunden nach Einschuß in die Mondumlaufbahn wird ein 40 kg schwerer spinstablisierter Satellit durch einen Federmechanismus ausgeworfen und erreicht eine kreisförmige Bahn in etwa 100 km Höhe über dem Mond. (Bei A 15 wurde der Satellit erst kurz vor dem Rückflug zur Erde auf genaue Bahn gebracht.) Er ist mit einem Magnetometer und Detektoren für geladene Teilchen bestückt, die Elektronen im Energiebereich von 0,5–14 und 20–300 keV sowie Protonen im Energiebereich von 40 keV–2 MeV registrieren können. Das biaxiale Magnetometer arbeitet in den Meßbereichen 0 bis ± 50 und 0 bis ± 200 gamma (1 gamma = 10^{-5} Gauss). Das Zusammenwirken beider Experimente soll Aussagen über das Verhalten der Grenzschicht des solaren Windes am Mond und den Abschirmungseffekt desselben auf geladene Teilchenströme sowie die Wechselwirkung des Erdmagnetfelds mit dem Mondfeld liefern. Darüberhinaus ist durch die Magnetfeldmessungen die Fortpflanzung elektrischer Ströme auf der Oberfläche bestimmbar und damit ein Maß für die mittlere elektrische Leitfähigkeit des Mondes gewinnbar. Die Bahnverfolgung des für etwa 1 Jahr aktiven Satelliten wird es gestatten, die durch das nichtsphärische Gravitationsfeld des Mondes hervorgerufenen Bahnveränderungen zu analysieren und neue Aufschlüsse über Mascons zu erhalten.

2. „Geo“-chemie-Untersuchungen

In dieser Experimentgruppe sind drei Spektrometer vereinigt. Das γ -Spektrometer mißt die relative Häufigkeit und Oberflächenverteilung der natürlichen radioaktiven Elemente K, U und Th ebenso wie die durch die kosmische Strahlung angeregten radioaktiven Nuklide der Elemente O, Mg, Al, Si und Fe. Als Detektor wird ein 3-Zoll-NaI (TI)-SEV verwendet, der zur Unterdrückung von Primäreignissen aus der kosmischen Strahlung mit einem ihm ringförmig umgebenden Plastik-Scintillator in Antikoinzidenz geschaltet ist. Das γ -Spektrometer befindet sich am Ende eines 8 m langen ausfahrbaren Armes. Das Röntgen-Spektrometer besteht aus drei Proportionalzählrohren mit verschiedenen Eintrittsfenstern (Be, Al oder Mg) zur Analyse der Röntgenfluoreszenzstrahlung, die durch die Röntgenausstrahlung der Sonne angeregt wird. Ein auf der gegenüberliegenden Seite des Service-Moduls angebrachter, in Sonnenrichtung blickender Röntgenstrahlungsmonitor misst die Intensität der zu erwartenden Rückstrahlung. Mit dem Spektrometer ist die Oberflächenverteilung der Elemente Na, Al, Si, K, Mg, Ca und Fe bestimmbar. Das α -Spektrometer ist mit Si-Oberflächenbarrierdetektoren ausgerüstet, die die von der Mondoberfläche ausgesandten α -Teilchen im Energiebereich von 4,7 bis 9,3 MeV registrieren. Das durch Zerfall von Uran und Thorium im Mondinneren gebildete Edelgas Radon kann aus Brüchen oder Vulkanen an die Oberfläche strömen und wird an diesen Stellen als lokale Erhöhung der α -Aktivität nachgewiesen. Auf diese Weise sind Theorien über einen möglichen Mondvulkanismus und eventuelle seismische Aktivität überprüfbar.

3. Oberflächentemperaturverteilung

Ein Infrarot-Scanning-Spektrometer wird zur Bestimmung der Temperaturverteilung der Mondoberfläche eingesetzt. Durch Kombination eines Cassegrain-Teleskops mit einem Thermistor-Bolometer sind hohe Temperatur- und Ortsauflösung erreichbar (2° K und 2 km). Das System soll genaue Temperaturkarten des Mondes zu gewinnen, die örtliche Anomalien deutlich hervortreten lassen. Die Kombination dieser Ergebnisse mit Magnetometermessungen des Satelliten und Laboruntersuchungen an zurückgeführten Proben wird neue Einsichten in den Mechanismus der Wärmeleitung und den Aufbau der tieferen Schichten des Mondes liefern.

4. Radiowellen-Reflexionsmessungen

Für die Experimente werden beide Datenkanäle im S-Band und VHF-Bereich eingesetzt. Die Reflexion der vom Raumschiff ausgehenden Signale an der Mondoberfläche bzw. an tieferen Schichten erfordert durch die geringe Signalstärke der reflektierten Strahlung auf der Erde den Einsatz des 70-m-Spiegels von Goldstone (S-Band) und der 50-m-VHF-Antenne der Stanford Universität. Durch Vergleich der direkt und reflektiert einfallenden Wellen können Brewsterwinkel des Mondmaterials, mittlere Regolithdicke und die allgemeine Streueigenschaften des Mondes für Radiowellen bestimmt werden. An Bord des Raumschiffes wird ein ähnliches Experiment in kleinerem Maßstab durchgeführt. In den Frequenzbereichen 5, 15 und 150 MHz werden leistungsstarke Signale auf den Mond gerichtet, deren Echos einem optischen Aufzeichnungsgerät zugeleitet werden. Dadurch wird wie beim Echolotverfahren eine Karte des nicht sichtbaren Schichtenreliefs bis in 1,5 km Tiefe erzeugt. Bodenschichten, Gerölltiefe und Gebiete mit anomaler Dielektrizitätskonstante werden klar erkennbar sein.

5. Mondatmosphäre

In diesem Experimentbereich werden drei Geräte eingesetzt. Ein Sektorfeld-Massenspektrometer wird an einem 7 m langen Arm ausgefahren, um die Kontamination des Geräts mit den das Raumschiff umgebenden Partikeln zu verringern. Ionen im Massenbereich von 12 bis 66 Masseneinheiten können registriert werden. Ein im fernen Ultraviolett arbeitendes Spektrometer (100–170 nm) soll die UV-Resonanzrückstreuung messen. Die erreichte hohe Empfindlichkeit von 1 H-Atom/cm^2 gestattet es, die Wechselwirkung des solaren Winds mit der Mondatmosphäre zu studieren. Eine mit einer speziellen, UV-durchlässigen Optik ausgestattete Hasselblad-Kamera ermöglicht durch Einschaltung von 4 unterschiedlichen Filtern UV-Aufnahmen der Mondoberfläche in verschiedenen Spektralbereichen. Ein mit dem Ausbruch von Gaswolken verbundenes mögliches Fluoreszenzleuchten soll damit nachgewiesen werden.

6. Fotografie-System

Diese Gerätegruppe bildet mit etwa 300 kg Masse den überwiegenden Teil der Nutzlast. Zwei leistungsfähige Kameras mit automatischer Filmaufnahme für hochauflösende und metrische Fotografie sind installiert. Die metrische Kamera ist mit einem Laserhöhenmesser gekoppelt. Die Panorama-Kamera erfährt ein Gesichtsfeld von 108 Grad quer und 11 Grad in Flugrichtung. Ein spezieller Mechanismus kompensiert die durch die Vorwärtsbewegung entstehende Unschärfe und ermöglicht eine Detailauflösung von 2 m aus der 100-km-Bahn. Durch eine zu jeder Aufnahme zeitlich verzögerte zweite Aufnahme werden Stereobilder erhalten. Insgesamt können 1660 Aufnahmen auf 70-mm-Film gebracht werden. Die metrische Kamera dient Kartografierungs- und Vermessungszwecken. Ihr Gesichtsfeld beträgt 74×74 Grad. Zu jeder Aufnahme der Mondoberfläche wird gleichzeitig in festem Winkel zur ersten Optik von einer Unterkamera ein Ausschnitt des Sternhimmels aufgenommen, wodurch Bahnlage und Aufnahmeort zu jedem Terrainfoto festgehalten werden. Ein mit dem Kamerasystem gekoppelter Laserhöhenmesser, der in der A 15 Mission allerdings nach 2 Tagen ausfiel, bestimmt exakt die Höhe der Kamera über der Bodenerhebung in der Bildmitte (± 2 m). Der Meßwert wird in die Aufnahme eingezeichnet. Insgesamt sollen 3600 Bilder auf 70-mm-Film aufgenommen werden. Die Filmkassetten müssen vom Piloten des Kommandomoduls beim Rückflug zur Erde in einer Außenbordaktivität den Kameras entnommen und geborgen werden, da das Kamerasystem mit dem Service-Modul beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verglüht. Neben diesen Experimenten werden im Mondorbit und während der Freiflugphasen zahlreiche astronomische Sicht- und Fotoexperimente durchgeführt. Sie sind eine Fortsetzung der schon bei früheren Missionen durchgeführten Beobachtungen und daher nicht beschrieben worden. Auch auf die mit der Erhöhung der auf dem Monde absetzbaren Nutzlast erweiterten Möglichkeiten von oberflächengebundenen Experimenten wurde nicht eingegangen. Das soll einem späteren Beitrag vorbehalten bleiben, in dem über die Ergebnisse der bisher durchgeführten Beobachtungen berichtet werden wird.

Literatur:

- [1] G. F. Esenwein et al., *Astronautics & Aeronautics* 9 (1971) 52.
- [2] W. Hesse et al., *Scientific American* 221 (1969) 54.
- [3] *Science News*, Sept. 12 (1970) 215.
- [4] *Electronics*, 43 (1970) no. 18.

Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohres

HEINZ ALBERT

Inmer zahlreicher werden die Anfragen jener Amateurastronomen, die in den letzten Jahren ein Fernrohr entweder käuflich erworben oder sich dieses selbst schufen, nach Materialien, mit deren Hilfe sich die Grenzgrößenklasse ihres Fernrohres bestimmen läßt.

Diesem Verlangen zu entsprechen genügt es zwar, auf die wiederholten Auflagen des Buches von RUDOLF BRANDT, „Himmelswunder im Feldstecher“ zu verweisen, in denen die „Internationale Polsequenz“ abgedruckt ist, wenn nicht der Einwand erhoben würde, daß man eine solche Hilfe bequem am Fernrohr handhaben möchte. Deshalb bringen wir anschließend sowohl die drei Karten der Polsequenz, als auch die zugehörige Tabelle für die scheinbaren photosviuellen Helligkeiten m der in den Teilkarten eingetragenen Sterne. Durch Abtrennen des Blattes vom Heft wird die direkte Verwendung dieses Materials am Fernrohr ermöglicht.

In Karte I sind Sterne mit einer Grenzgröße von etwa 9^m enthalten, die ihren Ort innerhalb einer Poldistanz von 5° haben. Die Karte II dagegen zeigt die Sterne bis etwa $m \approx 12^m$ bei 2° Poldistanz für den Gesichtsfeldradius. Karte III wiederum zeigt nur noch Sterne mit $0,5$ Polabstand. Die Grenzgrößenklasse dieser Karte liegt bei knapp 17^m . Die mit dem Index r bezifferten Sterne besitzen eine rötliche Färbung des Lichtes; mit s bezeichnete Sterne sind erst nachträglich in die Polsequenz aufgenommen. Bei der Verwendung der Karten ist auf ihre richtige Orientierung in Abhängigkeit von der jeweils herrschenden Sternzeit während der Beobachtung zu achten.

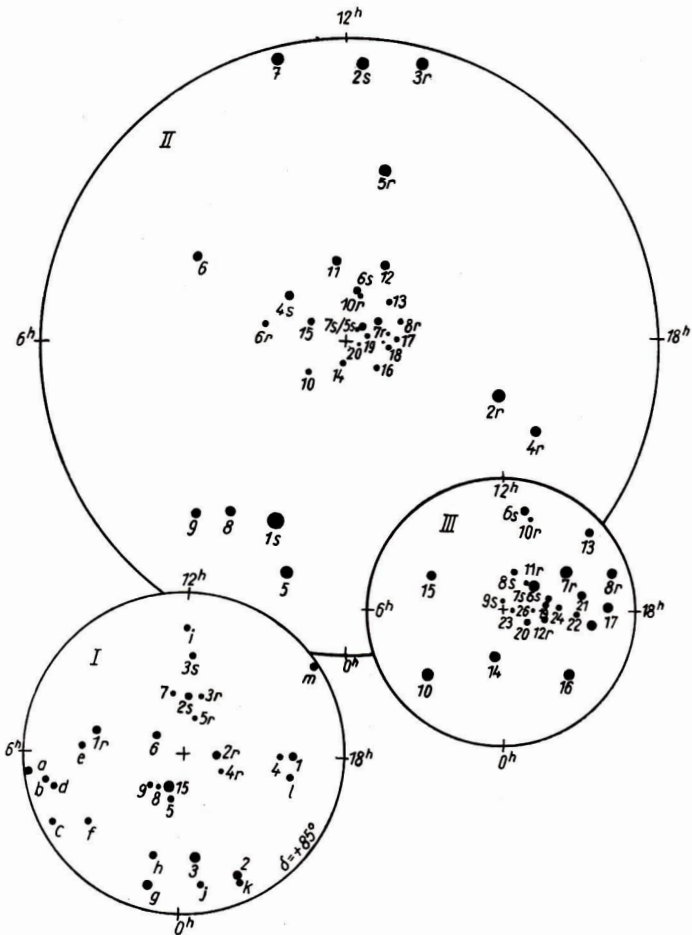
Wir beabsichtigen, in einem späteren Heft eine Karte der Zentralplejaden mit beigegeführtem Sternkatalog zu veröffentlichen, die es dem Beobachter ermöglichen werden, die „Reichweiten“-Bestimmung in kleineren Helligkeitsintervallen sowohl für die fotografische als auch für die visuelle Arbeit vorzunehmen.

Verzeichnis der Sterne der Internationalen Polsequenz

Die Sterne sind nach ihrer scheinbaren Helligkeit geordnet und den Karten I bis III zugeordnet.

Karte I		Karte II		Karte III	
	Helligkeit photosviuell m		Helligkeit photosviuell m		Helligkeit photosviuell m
1 s	2.08	10	9.06	22	12.84
1	4.37	6 r	9.24	23	13.00
1 r	5.09	11	9.56	24	13.31
2	5.28	12	9.77	25	13.58
3	5.56	4 s	9.83	26	13.69
4	5.84	7 r	9.87	9 s	13.74
2 s	6.30	5 s	10.06	8 s	13.77
2 r	6.32	13	10.37	27	14.25
3 s	6.35	8 r	10.46	11 s	14.35
5	6.45	14	10.56	10 s	14.52
6	7.06	6 s	10.72	28	14.54
7	7.55	15	10.88	13 s	14.54
3 r	7.57	16	11.22	12 s	14.67
8	8.13	17	11.30	14 s	15.05
4 r	8.27	18	11.90	29	15.21
5 r	8.63	10 r	12.03	30	15.44
9	8.83	7 s	12.04	16 s	15.50
		11 r	12.07	32	15.58
		19	12.24	31	15.62
		12 r	12.47	15 s	15.71
		21	12.49	33	15.97
		20	12.52	34	16.29
				35	16.94

Internationale Polsequenz



Zum Beitrag:
Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohrs, 3. Umschlagseite



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Der Planet Venus — ein Ziel der Raumforschung · Prof. Dr. Johannes Hoppe	97
Die atmosphärische Extinktion · Dr. Siegfried Marx	99

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

FG Hartha: Tätigkeitsbericht 1970/71	103
--	-----

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond · Karl Militzer	104
Justierhilfe für den Newton-Reflektor · Achim Grünberg	110
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	112

Beilagen

Mondaufnahmen von Apollo 14 — Marsaufnahmen von Mariner 7 und 9	I—IV
---	------

Aus der Literatur

Verteilung der Röntgenquellen	115
Hauptenergiequelle der Sonne ist der pp-Zyklus — Zur Mondbeschaffenheit — Neues vom Mars durch Marssondenbeobachtungen	116
Sonnenaktivität und Gesundheit — Radioteleskopanlage in der Wüste von New Mexiko geplant — Nachrichtensatelliten für jedermann? — Ein Beobachter auf der Venus . . . 3. Umschlagseite	

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond I · Dr. E. Hantzsche	117
Aufgaben und erste Ergebnisse der Planetensonden Mars 2, Mars 3 und Mariner 9 · Karl-Heinz Neumann	126

Redaktionsschluß 20. 5. 72

Heft 5/72 bringt u. a. folgende Beiträge: Interstellare Moleküle (Dr. J. Gürtler) — Marskanäle. Eine Hypothese zur Deutung ihres Erscheinungsbildes (Dipl.-Ing. A. Koch) — Die Lichterscheinungen in der Erdatmosphäre (Dr. K. Sigmund) — Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie (Dr. P. Ahnert, Dipl.-Astr. E. Bartl, Dr. K. Lindner, Dr. W. Wenzel) — Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohrs (II) (H. Albert) — Selbstbau von Teilkreisen für die einfache Montierung vom VEB Carl Zeiss Jena (Dipl.-Ing. J. Schaetz) — 1975 Sojus-Apollo-Kopplung (H. Hoffmann) — Schreitvorrichtungen für raumfahrttechnische Anwendungsgebiete (Dipl.-Ing. H. K. Remane).

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft, Redaktion: Herbert Pflaie (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Elchwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4297 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3—4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Der Planet Venus - ein Ziel der Raumforschung

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE

Als am 27. März 1972 die sowjetische Raumsonde VENUS 8 gestartet wurde, erhob sich die Frage, welche neuen Aufgaben durch diese unbemannte, mit automatisch arbeitenden Instrumenten ausgerüstete Raumsonde erledigt werden könnten. Jedem, der die modernen, durch die Astronautik erschlossenen Forschungsmöglichkeiten und ihre bisherigen Ergebnisse kennt, ist klar, daß wir in der unmittelbaren Erforschung der benachbarten Weltkörper in jedem Falle erst am Anfang dessen stehen, was nun erreichbar ist. Die Tatsache, daß von den Fragen, die von der Bodenastronomie mit den herkömmlichen Methoden nicht zu bewältigen waren, nun ein großer Teil in relativ kurzer Zeit durch Entsendung von Raumsonden beantwortet werden konnte, darf uns nicht glauben lassen, daß wir nun fast alles wissen. Im Gegenteil, die Zahl der ungelösten Probleme, die bei der Beantwortung der alten Fragen neu in unser Blickfeld getreten sind, ist heute größer als früher; nur sind es eben jetzt andere Fragen.

Der Start der sowjetischen Raumsonde VENUS 8 soll zum Anlaß genommen werden, diesen Sachverhalt darzulegen, indem wir unsere Kenntnisse von der Venus bis zum Jahre 1962 hier durch das heutige Wissen über die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieses Planeten ergänzen.

Die Venusforschung begann mit der Entdeckung der Lichtgestalten dieses Planeten durch Galilei im Jahre 1610 mit der Erkenntnis, daß dieses Gestirn kein eigenes Licht ausstrahlt, sondern ähnlich wie unser Mond und die Erde ein an sich dunkler Körper ist. Nach 151 Jahren kann dann Lomonossow mit Hilfe eines Fernrohres beim Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe am 26. Mai aus dem optischen Verhalten das Vorhandensein einer mächtigen Atmosphäre nachweisen. Die weitere Vervollkommnung der Fernrohroptik brachte durch die Entdeckung der übergreifenden Hörner der Venus zur Zeit der unteren Konjunktion eine Bestätigung für die Gashülle um diesen Planeten. Zugleich aber zeigte das Fehlen gesicherter Oberflächengebilde, daß die Venusatmosphäre von einer dichten, geschlossenen Wolkenhülle erfüllt sein muß. Dies wieder hatte zur Folge, daß eine Rotationsperiode des Planeten nicht abgeleitet werden konnte. Auch spätere Versuche, mit Hilfe des Doppler-Effektes eine Achsendrehung nachzuweisen, blieben erfolglos.

Da die Venus keinen Mond besitzt, konnte ihre Masse nur aus der Anziehungswirkung auf Merkur, Erde und Mars bestimmt werden. Das Ergebnis war von entsprechend geringerer Genauigkeit. Auch der Durchmesser der Venus wurde wegen Irradiation und Unkenntnis der Höhe der Wolkenobergrenze zu groß gemessen, die mittlere Dichte des Planeten demnach zu klein erhalten. Nach visuellen spektroskopischen Beobachtungen schienen Wasserdampf und Sauerstoff in der Venusatmosphäre reichlich vorhanden, so daß sich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts die Ansicht festigte, daß an der Oberfläche der Venus Verhältnisse herrschen, wie auf der Erde etwa zur Zeit des geologischen Mittelalters.

Diese Vorstellung wurde ernstlich durch eine Arbeit von Schoenberg im Jahre 1931 erschüttert, der auf Grund von Filterbeobachtungen der Venus nachweisen konnte, daß die Streuung des Lichtes in der Atmosphäre auf das Vorhandensein des CO_2 -Gases schließen läßt. Der hohe Anteil von CO_2 in der Venusatmosphäre wurde durch spektroskopische Messungen von Kuiper (1948) bestätigt. Im übrigen aber blieb das Bild, das man sich auf Grund der Beobachtungen von der Venusatmosphäre und ihrer Oberfläche machte, noch voller Rätsel.

Hier setzte dann seit dem Jahre 1962 ein Wandel ein. Mariner 2, der sich dem Planeten auf rund 35000 km näherte und dessen Bahnverlauf innerhalb der Gravissphäre der Venus vermessen werden konnte, lieferte damit zugleich einen neuen und genaueren Wert für die Venusmasse, nämlich $M = 4,87 \cdot 10^{27}$ g. Weiter gelang der Nachweis, daß in diesem Abstände die Stärke des Magnetfeldes der Venus schwächer sein muß, als die des interplanetaren Magnetfeldes. Als Folge davon ist zu deuten, daß mit Annäherung an die Venus kein Anstieg der Intensität der kosmischen Strahlung gefunden wurde. Demnach besitzt die Venus auch keine merkbare Magnetosphäre. Schließlich ergaben Strahlungsmessungen den starken Temperaturgegensatz zwischen Wolkenobergrenze und Venusboden, nämlich etwa 260 K gegen 700 K bis 800 K. Diese hohe Bodentemperatur wurde zunächst bezweifelt, ist aber heute als verbürgt anzusehen.

Seit 1967 trat die sowjetische Raumforschung mit detaillierten Meßergebnissen über die Venusatmosphäre auf, die mit Hilfe von Landekapseln nach der aerodynamischen Abbremsung während der durch Fallschirme verminderten Sinkgeschwindigkeit gewonnen und zur Erde gefunkt wurden.

Das erste wichtige Ergebnis war die nunmehr quantitativ bestätigte CO_2 -Atmosphäre von 93 bis 97 %, die mit 2 bis 5 % inerten Gasen (Stickstoff, Edelgase) durchmischt ist und außerdem geringe Mengen von Wasserdampf sowie Spuren des molekularen Sauerstoffs enthält. Daneben wurde auch die hohe Bodentemperatur der Venus durch Extrapolation unter der Voraussetzung eines adiabatischen Temperaturgradienten bestätigt.

Sensationell war das Meßergebnis über den enorm hohen Druck, der sich bei Annäherung an die Venusoberfläche einstellte und dessen Werte zwischen 20 und 140 Atmosphären lagen.

Die Sondierung der Venusatmosphäre durch Eintauchkapseln, die mit den verschiedensten Meßinstrumenten ausgerüstet sind, war ein Expeditionswagnis in ein fast völlig unbekanntes Gebiet. Erst mit der sowjetischen Raumsonde Venus 7 begann sich das Dunkel um einige Widersprüche in den Eintauchmessungen zu lichten.

Die Vorstellung, die auf Grund der verschiedensten Messungen von der Größe des Planeten Venus und von den Zustandswerten seiner Atmosphäre heute als einigermaßen gesichert gelten kann, sei an Hand der Abb. 1 erläutert.

Durch RADAR-Messungen wurde der mittlere Halbmesser des nahezu kugelförmigen Planetenkörpers zu $R = 6053 \text{ km}$ erhalten. Den Messungen zufolge sind Schwankungen im Höhnenniveau von $\pm 7 \text{ km}$ zu erwarten. Der daraus resultierende Durchmesser der Venus ist von der Bodenastronomie natürlich nicht zu messen. Da die Hauptwolken schicht im Höhenbereich von 55 bis 70 km über Grund liegt, beträgt der auf die Wolkengobergrenze bezogene Venus-Halbmesser etwa 6120 km. Es treten aber offenbar auch oberhalb der Hauptwolken schicht noch wolkenartige Eintrübungen auf, was unter anderem auch aus dem Niveau der Regulus-Bedeckung in etwa 116 km Höhe hervorgeht,

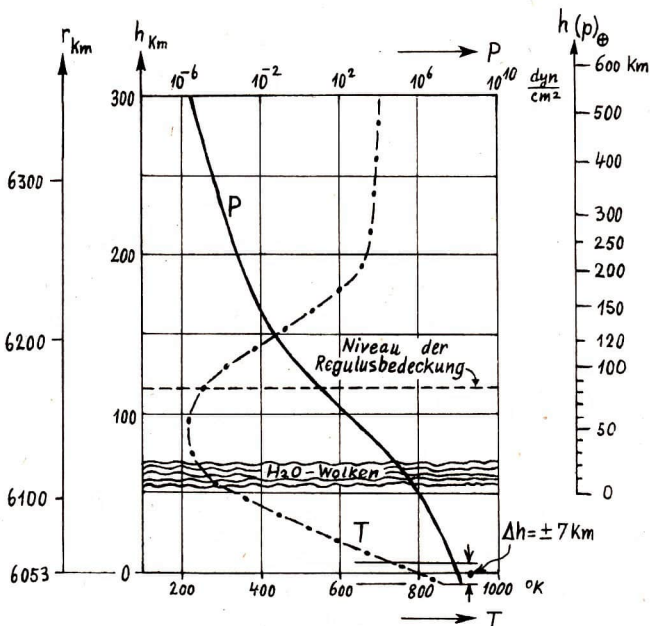


Abb. 1

in der die Lichtabschwächung 50 % betrug. Der Gasdruck in dieser Höhe entspricht etwa dem irdischen Luftdruck im Niveau der Leuchtenden Nachtwolken (83 km), was aus der Vergleichs-Skala des Höhendruckverlaufs in der irdischen Mesopause (rechte Skala) zu entnehmen ist. Gleichfalls erkennt man dort, daß die Hauptwolkendecke im Höhenbereich der irdischen Troposphäre und Tropopause liegt. Für die Subtroposphäre der Venus, in der die Temperatur (T-Kurve) noch um etwa 500°, also infolge des um rund zwei Zehnerpotenzen zunehmenden Druckes (p-Kurve), erheblich ansteigt, haben wir auf der Erde kein Gegenstück. Diese unterste, etwa 50 km mächtige Schicht muß, wegen des geringen Wasserdampfdruckes, im wesentlichen frei von Wolken sein. Infolge des durch die Messungen von Venus 4 bis Venus 7 gefundenen adiabatischen Temperaturverlaufs, dürfte hier eine stark turbulente, vertikale Durchmischung und wegen der ungleichstarken Erwärmung zwischen dem Venusäquatorbereich und den Polargebieten ein den irdischen Strahlströmen ähnliches meridional-horizontales Windsystem dafür sorgen, daß die Subtroposphäre von aufgewirbelten Staubmassen getrübt ist. Hinzu kommt noch trotz der wärmeisolierenden Wirkung der Wolkendecke ein System advektiver Luftströmungen, die den thermischen Ausgleich zwischen der sonnenzugewandten und der abgewandten Hemisphäre bewirken. Infolge der überaus langsamen Umdrehungsgeschwindigkeit wird die Temperatur in der Subtroposphäre Unterschiede aufweisen zwischen dem subsolaren Gebiet und dessen Gegenpol. Die zwischen —243 und —247 Tagen angegebene Rotationsdauer erfolgt um eine Achse, deren positiver Pol nach dem Punkt der Sphäre $\alpha = 98^\circ \pm 5^\circ$ und $\delta = -69^\circ \pm 2^\circ$ gerichtet ist.

Die vertikalen Aufwärtswinde dürften auch dafür verantwortlich sein, daß die Raumsonden Venus 4 bis Venus 6 gar nicht den festen Venusgrund erreichten, sondern in einer von der Tragkraft des Abbremsfallschirmes und der Stärke des Aufwindes abhängigen Höhe schwebend blieben, wie etwa ein Pilotballon bei Erreichen seiner Gipfelhöhe.

Als weitere Quelle für voneinander abweichende Meßwerte sind die Höhenunterschiede der Venusoberfläche anzusehen. So geht aus Abb. 1 hervor, daß die hier mit im Mittel zu 800 K angesetzte Temperatur dem Bodenniveau zufolge im Bereich $\pm 60^\circ$ schwanken kann, wogegen der Druck von 100 Atmosphären bei einem Höhenunterschied von ± 7 km zwischen 60 und 140 Atmosphären liegen wird.

Aus den neuesten Werten von Masse und Radius des Planetenkörpers folgt eine mittlere Dichte von $\bar{\rho} = 5,24 \text{ g/cm}^3$. Daß im Kernbereich dieses Planeten, ähnlich wie bei der Erde, die metallische Phase erreicht wird, ist demnach so gut wie sicher.

Aus dem hier Dargelegten geht hervor, daß durch die Raumforschung eine Reihe von Fragen über die Verhältnisse auf dem Planeten Venus beantwortet sind. Doch — wie schon erwähnt — die nun aufgetauchten neuen Fragen sind noch zahlreicher, als die beantworteten. Man hat die Venus deshalb den geheimnisvollen, rätselhaften Planeten genannt. Bei genauer Überlegung muß man aber zugeben, daß eigentlich auch jeder andere Planet uns fast ebensoviele oder sogar noch mehr Rätsel zu lösen aufgibt.

Die atmosphärische Extinktion

Dr. SIEGFRIED MARX

Extinktion bedeutet ganz allgemein „Auslöschung“. Sie tritt beim Durchgang von Strahlung durch ein Medium ein. Die Extinktion setzt sich aus zwei verschiedenen strahlungsauslöschenden Vorgängen zusammen, nämlich der Absorption und der Streuung. Bei der Absorption wird die Strahlungsenergie beim Durchgang durch die Materie zum Teil in eine andere Energieform umgewandelt (z. B. in Wärmeenergie). Man darf einmal sagen, es „kommt weniger heraus, als hineinging“. Bei der Streuung wird die Strahlung durch Teilchen, deren Ausdehnung klein gegen die Wellenlänge der Strahlung ist, in alle Richtungen abgelenkt und so zum Teil aus der Richtung Strahlungsquelle-Beobachter ausgelenkt; es kommt also beim Beobachter weniger an, als von der Strahlungsquelle in seine Richtung abgeht.

In der Astronomie macht sich die Extinktion einmal beim Durchgang der Sternstrahlung durch das interstellare Medium bemerkbar. Hier sprechen wir von der interstellaren Extinktion bzw. von der

Verrötung der Sternstrahlung. Zum anderen beobachten wir eine Extinktion beim Durchgang durch die Erdatmosphäre. Hier handelt es sich um die atmosphärische Extinktion. Ihre Auswirkungen kann man sehr einfach und doch eindrucksvoll beobachten.

Wenn man einmal die mit bloßem Auge in einer bestimmten Fläche des Himmels (z. B. innerhalb 10 oder 20 Quadratgrad) sichtbaren Sterne zählt, stellt man schnell fest, daß die Sternzahl pro Flächeneinheit mit zunehmender Zenitdistanz abnimmt, und zwar um so stärker, je näher man dem Horizont kommt. Eine ganz analoge Erscheinung kann man an der Sonne nachweisen. Wenn sie hoch über dem Horizont steht, ist es nicht möglich, sie mit ungeschützten Augen direkt anzublicken; nahe am Horizont ist das ohne weiteres möglich. Bei der Beobachtung der Sonne kann man aber auch noch eine andere Feststellung machen: je näher die Sonne dem Horizont kommt, um so „röter“ wird ihr Leuchten. Das zeigt, daß die atmosphärische Extinktion wellenlängenabhängig ist, d. h. sie macht sich bei kurzwelliger (blauer) Strahlung stärker bemerkbar als bei langwelliger (roter).

In der Lufthülle der Erde kommt die Extinktion im optischen Bereich vorwiegend durch Streuung an Molekülen und kleinen Staubeilchen zustande. Die Staubeilchen haben Durchmesser von 0,001 mm und weniger. Sie sind vor allem in den unteren Atmosphärenschichten konzentriert. Insgesamt bilden die Staubeilchen eine nach oben ziemlich scharf begrenzte Dunstschicht. Die Ausdehnung dieser Schicht ist je nach Witterungslage starken Änderungen unterworfen. Die obere Grenze kann zwischen einigen 100 m und Kilometern schwanken. Beobachtungsstationen auf hohen Bergen befinden sich oft schon außerhalb der Dunstschicht. Die atmosphärische Extinktion kann also starke zeitliche Änderungen aufweisen.

Die Ursache für die zunehmende Extinktion bei zunehmender Zenitdistanz liegt darin, daß der Lichtweg durch die Atmosphäre mit zunehmender Zenitdistanz immer länger wird. Das bedeutet aber auch, daß für Sterne im Zenit ebenfalls eine Extinktion vorhanden ist. Wir sprechen dann von der Zenitextinktion.

Es ist nicht möglich, allgemein gültige Extinktionswerte für die Atmosphäre anzugeben, da sie stark von Ort zu Ort und mit der Zeit variieren können. Die örtlichen Bedingungen (Beobachtungsort liegt in einem Industriegebiet, in der Nähe einer Großstadt oder in einem ländlichen Gebiet oder gar auf einem hohen Berg) verlangen die Bestimmung der atmosphärischen Extinktion für den jeweiligen Beobachtungsort. Ich möchte hier einmal von der „Grundextinktion“ des Beobachtungsortes sprechen. Diese Grundextinktion ändert sich dann an dem jeweiligen Ort noch mit der Wetterlage. Es ist möglich, daß extrem gute Witterungsbedingungen in einem Industriegebiet immer noch schlechtere Extinktionswerte zur Folge haben als schlechte Witterungsbedingungen im Hochgebirge.

Man kann die Extinktion auf zwei verschiedenen Wegen messen. Einmal kann man einen Stern auf seinem Weg von sehr großen Höhen zu großen Zenitdistanzen verfolgen und seine durch die Extinktion abnehmende scheinbare Helligkeit messen. Diese Methode erfordert viel Zeit und während der Messung können sich die Witterungsbedingungen geändert haben. Zum anderen kann man nahezu gleichzeitige Beobachtungen zweier oder mehrerer verschiedener Sterne in verschiedenen Zenitdistanzen miteinander vergleichen. Jetzt sind die Messungen von den zeitlichen Änderungen der atmosphärischen Durchsicht und der Empfindlichkeit der Meßapparatur unabhängig. Dieses Verfahren setzt die Gleichmäßigkeit des Luftzustandes in verschiedenen Zenitdistanzen, also einen Verlauf der Trübung in homogenen horizontalen Schichten voraus.

Bezeichnet man die außeratmosphärische scheinbare Helligkeit zweier Sterne bei einer bestimmten Wellenlänge λ mit $m_1(\lambda)$ und $m_2(\lambda)$, so sind die beobachteten Helligkeiten dieser beiden Sterne $m_{1,z_1}(\lambda)$ und $m_{2,z_2}(\lambda)$. Der Zusammenhang zwischen den außeratmosphärischen und den beobachteten Helligkeiten ist:

$$\begin{aligned} m_{1,z_1}(\lambda) &= m_1(\lambda) + k_\lambda F(z_1) \\ m_{2,z_2}(\lambda) &= m_2(\lambda) + k_\lambda F(z_2) \end{aligned} \quad (1)$$

Die Beobachtungen der beiden Sterne finden in den verschiedenen Zenitdistanzen z_1 und z_2 statt. k_λ ist der sogenannte Extinktionskoeffizient. Er ist mit dem Transmissionskoeffizienten (Durchsichtigkeit) p_λ gekoppelt:

$$k_\lambda = -2,5 \lg p_\lambda \quad (2)$$

$F(z)$ ist ein Maß für die Weglänge durch die Atmosphäre. Die Formel (1) besagt:

- je größer die Weglänge durch die Atmosphäre ist, um so mehr nimmt die scheinbare Helligkeit ab,
- je größer der Extinktionskoeffizient ist (d. h. je kleiner die Transparenz ist), um so mehr nimmt die scheinbare Helligkeit ab.

Für Zenitdistanzen $z < 60^\circ$, auf die man sich bei photometrischen Beobachtungen sowieso beschrän-

ken sollte, kann man $F(z) = \frac{1}{\cos z} = \sec z$ setzen. Wichtig ist nun die Ermittlung des Extinktionskoeffizienten. Dazu schreiben wir Formel (1) um:

$$\begin{aligned} \text{a) } m_{1,z1}(\lambda) &= m_1(\lambda) + k_\lambda \cdot \sec z1 \\ \text{b) } m_{2,z2}(\lambda) &= m_2(\lambda) + k_\lambda \cdot \sec z2 \end{aligned} \quad (3)$$

Wenn man $3a - 3b$ bildet, erhält man:

$$m_{1,z1}(\lambda) - m_{2,z2}(\lambda) = m_1(\lambda) - m_2(\lambda) + k(\sec z1 - \sec z2) \quad (4)$$

Zur Vereinfachung wird gesetzt:

$$m_{1,z1}(\lambda) - m_{2,z2}(\lambda) = \Delta m_z \quad m_1(\lambda) - m_2(\lambda) = \Delta m \quad \sec z1 - \sec z2 = \Delta \sec z$$

Nun kann man mit Hilfe der Beziehung (4) k_λ direkt berechnen.

$$k_\lambda = \frac{\Delta m_z - \Delta m}{\Delta \sec z} \quad (5)$$

Δm ist die außeratmosphärische Helligkeitsdifferenz der beiden Sterne, die wegen der Extinktion ungleich Δm_z ist, wenn beide Sterne in verschiedenen Zenitdistanzen beobachtet werden. Die Differenz $\Delta m_z - \Delta m$ ist um so größer, je größer die Zenitdistanzdifferenz ist. Nimmt man an, daß die beiden Sterne die gleiche außeratmosphärische Helligkeit haben, wird $\Delta m = 0$ und die beobachtete Helligkeitsdifferenz kommt nur durch die Extinktion zustande (das ist gleichbedeutend mit der Aussage, daß ein und derselbe Stern bei verschiedenen Zenitdistanzen beobachtet wird).

Kennt man das k_λ , so kann man bei einer Zenitdistanz beobachtete Helligkeiten auf jede andere, z. B. den Zenit $z = 0$, beziehen, indem man die Differenz Δm_z berechnet.

$$\Delta m_z = k_\lambda \cdot \Delta \sec z \quad (6)$$

Δm_z gibt den Betrag, um den die Helligkeit in der jeweiligen Zenitdistanz durch die Extinktion verfälscht ist. Der Extinktionskoeffizient hängt auch noch von den Witterungsbedingungen und nicht nur von der Wellenlänge λ ab.

Die Wellenlängenabhängigkeit des Extinktionskoeffizienten für verschiedene Witterungsbedingungen wurde von mehreren Autoren untersucht. Hier sind in Abb. 1 Ergebnisse von Prof. Wempe, die er auf der Grundlage von Extinktionsmessungen in Jena erhielt, wiedergegeben.

Man sieht, daß der Extinktionskoeffizient zu kürzeren Wellenlängen hin zunimmt. Im Fall II beträgt er bei 6500 Å etwa 0,3 Größenklassen und bei 3800 Å 1,0 Größenklassen. Die drei hier unterschiedenen Fälle werden in den Beobachtungsprotokollen durch folgende auf den Luftzustand und die Durchsicht hinweisende Unterschiede charakterisiert:

I: ungewöhnlich gute Durchsicht, sehr gut

II: gute Durchsicht, Aufklaren nach Nebel, recht gut

III: mäßige Durchsicht, merklicher Dunst, starker Bodennebel

Fall I steht also für sehr gute, Fall III für sehr schlechte Beobachtungsbedingungen. Wir wollen uns in den folgenden Betrachtungen auf den am häufigsten realisierten Fall mittlerer Beobachtungsbedingungen (Fall II) beschränken.

Zur Lösung astronomischer Probleme wird heute im allgemeinen nicht mehr die ankommende Strahlung im gesamten Spektrum registriert, sondern in mehr oder weniger schmalen Spektral-(Wellenlängen) Bereichen beobachtet. Die Spektralbereiche können durch die Wellenlängen ihrer Schwerpunkte charakterisiert werden. Es sei hier nur an das UVB-System oder die visuellen und photographischen Helligkeiten erinnert. Aus der Abb. 1 kann man z. B. für mittlere Beobachtungsbedingungen für die Bereiche des UVB-Systems die entsprechenden Extinktionskoeffizienten entnehmen:

$$U(\lambda = 3680 \text{ Å}): k_U = 1^m10 \quad B(\lambda = 4450 \text{ Å}): k_B = 0^m75 \quad V(\lambda = 5460 \text{ Å}): k_V = 0^m50$$

Wenn die Zenitdistanzen 60° nicht übersteigen, ist es gemäß Formel (6) möglich, die Δm_z -Werte zu berechnen, wie in folgendem Beispiel gezeigt wird.

$$\begin{aligned} \text{Es gelte: } z1 &= 0^\circ \text{ (Zenit, auf den bezogen wird)} & \cos z1 &= 1, & \sec z1 &= 1 \\ z2 &= 60^\circ \text{ (Beobachtungspunkt)} & \cos z2 &= 0,5 & \sec z2 &= 2 \end{aligned}$$

Damit erhält man:

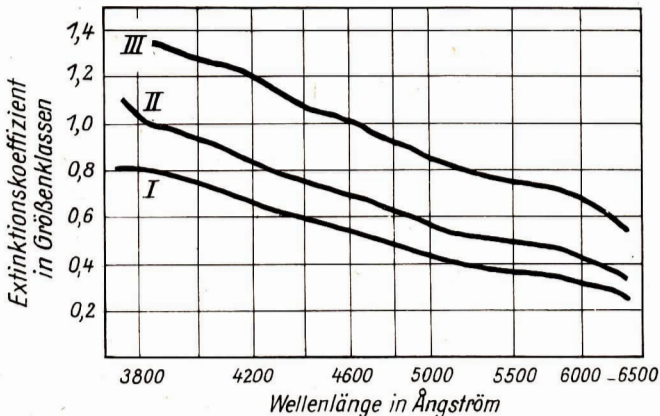
$$\Delta m_z = k_\lambda (1 - 2) = -k_\lambda$$

Es wird also:

$$\Delta m_z(U) = 1^m10 \quad \Delta m_z(B) = 0^m75 \quad \Delta m_z(V) = 0^m50$$

Für $z2$ kann man auch jeden anderen Wert $< 60^\circ$ ansetzen.

Abb. 1: Beobachteter atmosphärischer Extinktionskoeffizient nach WEMPE.



Ein Stern, der bei 60° Zenitdistanz im U-Bereich mit einer scheinbaren Helligkeit von 5,1 Größenklassen beobachtet wird, hätte im Zenit eine scheinbare Helligkeit von 4,0 Größenklassen.

Sehr häufig sind Beobachtungen im visuellen Spektralbereich, in dem die Sternstrahlung mit dem Auge beurteilt wird. Hier kann man als charakteristische Wellenlänge 5500 Å annehmen. Für diesen Spektralbereich wurde von Malsch eine Extinktionstafel für stadtnahe Beobachtungsorte berechnet. Die Ergebnisse sind auszugsweise in Tabelle 1 dargestellt.

Unter A findet man Extinktionswerte für tropische Warmluft, unter B für mittlere Stadtverhältnisse und unter C für arktische Kaltluft. Die Extinktionswerte reichen bis in Zenitdistanzen von 84°. Man kann sie also nicht nach der einfachen Beziehung (6) berechnen. Andererseits werden aber auch in derart großen Zenitdistanzen keine photometrischen Beobachtungen mehr angestellt. Die Extinktionstafeln von Malsch wurden mit den im folgenden angegebenen Transparenzen bzw. Extinktionskoeffizienten gerechnet:

	p (visuell)	k (visuell)
Tropische Warmluft A	$0,63 \pm 0,013$	$0^m,50$
mittlere Stadtverhältnisse B	$0,66 \pm 0,013$	$0^m,45$
arktische Kaltluft C	$0,71 \pm 0,26$	$0^m,38$

Die Ergebnisse zeigen, daß wasserdampfarme Kaltluft durchlässiger ist als feuchtere Warmluft. Die Einzelwerte können noch beträchtlich schwanken. Es wurden Transparenzwerte im visuellen Spektralbereich von 0,4, aber auch solche von 0,85 gefunden. Das bedeutet bei einer Zenitdistanz von 60° eine Extinktion von -1^m00 (für $p = 0,4$) bzw. von -0^m18 (für $p = 0,85$).

Die hier mitgeteilten Extinktionswerte für unterschiedliche Bedingungen im visuellen Spektralbereich oder auch die Möglichkeit der Extinktionsberechnung für andere Spektralbereiche mit Hilfe der Extinktionskoeffizienten aus Abb. 1 geben gute Anhaltswerte für die Korrekturen der Beobachtungen. Man hat damit aber nur mittlere Extinktionsbeträge, die von Ort zu Ort und von Zeit zu Zeit Schwankungen unterworfen sind.

Für photometrische Messungen hoher Genauigkeit ist die Berücksichtigung der „individuellen“ Extinktion erforderlich, bzw. sind die Beobachtungen so anzulegen, daß die Extinktion vernach-

Tabelle 1

Es wird immer von der gegebenen Zenitdistanz auf den Zenit bezogen

Zenitdistanz	Extinktionswerte		
	A	B	C
4°	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
20°	0 ^m 03	0 ^m 03	0 ^m 03
32°	0 ^m 09	0 ^m 08	0 ^m 08
40°	0 ^m 15	0 ^m 14	0 ^m 13
48°	0 ^m 25	0 ^m 22	0 ^m 21
56°	0 ^m 39	0 ^m 35	0 ^m 33
65°	0 ^m 68	0 ^m 61	0 ^m 57
70°	0 ^m 05	0 ^m 86	0 ^m 80
75°	1 ^m 41	1 ^m 27	1 ^m 18
80°	2 ^m 30	2 ^m 07	1 ^m 93
84°	3 ^m 95	3 ^m 55	3 ^m 32

lässigt werden kann. Letzteres ist gewährleistet, wenn man sehr nahe dem Sternfeld, das bearbeitet wird, auch die Helligkeitsstandards hat und beides in der gleichen Zenitdistanz steht. Im allgemeinen ist das nicht der Fall.

Die günstigste Methode, die Extinktion zu bestimmen, ist die Helligkeit der Sterne in unterschiedlichen Zenitdistanzen an Zenitsterne oder zenitnahe Sterne anzuschließen. In der Praxis kann man das dadurch erreichen, daß man ein zenitnah stehendes Feld von Sternen bekannter Helligkeit (am besten einen Sternhaufen) mit kurzer Belichtungszeit photographiert und dann auf die gleiche Platte mit gleicher Belichtungszeit in verschiedenen Höhen (2 bis 3) Felder mit Sternen bekannter Helligkeit aufnimmt. Sehr günstig wäre zum Schluß eine nochmalige Aufnahme des Zenitfeldes, um mögliche zeitliche Änderungen zu erkennen.

Mit Hilfe der Zenitaufnahme gewinnt man die Schwärzungskurve, über die man dann die Helligkeiten der Sterne in den verschiedenen Zenitdistanzen bestimmt. Die bestimmten Helligkeiten vergleicht man nun mit den Katalogwerten. Die sich ergebenden Differenzen sind die gesuchte Extinktion. Dabei muß man beachten, in welchem Spektralbereich man arbeitet.

Selbstverständlich kann man das obige Verfahren auch visuell durchführen. Dabei ist es sehr günstig, wenn man sich mit Hilfe eines Planspiegels den Zenitstern (Vergleichssterne) so ins Auge spiegelt, daß er neben den Stern in großer Zenitdistanz zu stehen kommt. Dann kann man den Helligkeitsunterschied nach der Argelander'schen Stufenmethode schätzen.

Für viele Beobachtungen reichen im visuellen Bereich aber die Werte der Tabelle 1 bzw. genügt es, wenn man mit Hilfe des aus Abb. 1 für den jeweiligen Luftzustand und Wellenlängenbereich entnommenen Extinktionskoeffizienten die Extinktion nach Formel (6) berechnet.

Empfohlene Literatur:

- [1] Chr. Friedemann: Atmosphärische Extinktion und meteorologische Elemente (Die Sterne 1954, S. 54).
- [2] C. Hoffmeister: Die Extinktion in Windhuk (Astronomische Nachrichten, Band 270, 1940, S. 153).
- [3] W. Malsch: Extinktionstafeln für stadtnahe Beobachtungsorte (Die Sterne 1950, S. 117).
- [4] N. Richter: Untersuchungen über die atmosphärische Extinktion (Astronomische Nachrichten Band 256, 1934, S. 77).
- [5] J. Wempe: Die Wellenlängenabhängigkeit der atmosphärischen Extinktion (Astronomische Nachrichten, Band 275 1947, S. 1).

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

FG Hartha: Tätigkeitsbericht 1970/71

Träger der FG-Arbeit an der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte sind zwei Erwachsene und zehn Jugendliche.

Öffentlichkeitsarbeit: Es wurden 42 öffentliche Vorträge gehalten (bei klarem Wetter mit Führungen) und zwei Ausstellungen unterstützt: Arbeiterfestspiele und Hobbyausstellung in Leipzig. Die FG-Mitglieder stellten sich als Gesprächspartner für Jugendstundenteilnehmer mehrfach zur Verfügung.

Arbeitsgebiete und Beobachtungstätigkeit: Jedes Mitglied der FG arbeitet an einem wissenschaftlichen Thema (Bau und Herstellung fotografischer Einrichtungen zur Aufnahme von Sternspektren; Sternfeldaufnahmen mit Objektivprisma; Messung von Höhen verschiedener Mondberge; visuelle und fotografische Beobachtung veränderlicher Sterne mit Auswertung u. a.).

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten am Feld Beta Herculis und Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond fortgesetzt. Auf dem Gebiet der Veränderlichen stellten wir 120 visuelle und rund 6000 fotografische Beobachtungen an. 143 Platten konnten zum Zwecke der fotografischen Himmelsüberwachung belichtet werden. Probemessungen am lichtelektronischen Photometer haben begonnen. Die Ergebnisse unserer Beobachtungstätigkeit wurden in den „Mitteilungen“ der Sternwarte (Heft 4) veröffentlicht.

Unterstützung der Schulastronomie: Durch die FG-Mitglieder werden zwei AG „Junge Astronomen“ (insgesamt 26 Teilnehmer) betreut. Neben dem an der Sternwarte für etwa 300 Schüler erteilten Unterricht unterstützt die FG aktiv die Durchführung der obligatorischen Schülerbeobachtungen. Für die Astronomielehrer des Kreises wurden Dias für den Unterricht angefertigt. Im Rahmen der Weiterbildung der Lehrer (Kursystem) fand an der Sternwarte ein Ferienlehrgang statt, der durch die FG-Mitglieder bei Beobachtungen unterstützt wurde. An der Entstehung und Einrichtung der astronomischen Schülerbeobachtungsstation Döbeln-Ost waren die FG-Mitglieder direkt beteiligt. Schließlich wurde die Unterrichtsmittelsituation durch den Bau von drei Modellen durch die FG-Mitglieder weiter verbessert.

Bauliche Maßnahmen: In Eigenleistungen konnte unser Heizhaus fertiggestellt werden. Außer dem Anbau eines Objektivprismas an die fotografische Himmelsüberwachungsanlage wurde die Elektronik am lichtelektrischen Photometer verbessert. Unsere Werkstatt fertigte vier Fernrohre für Amateure.

HELMUT BUSCH

Fachgruppenleiter

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond

KARL MILITZER

1.1. Durch die Bewegung des Mondes auf seiner Bahn um die Erde kommt es häufig vor, daß er Sterne, die hinter ihm stehen, bedeckt. Man spricht dann von einer Sternbedeckung durch den Mond. Wird ein solcher Vorgang beobachtet, dann wird die Zeit des Sterneintritts, die Dauer der Bedeckung und die Zeit des Austritts gemessen. Diese Messungen lassen es zu, Größenwerte des Mondkörpers und Elemente der Mondbahn zu bestimmen, Unregelmäßigkeiten der Erdrotation festzustellen. Eine Vielzahl von Amateurbeobachtungen könnten der Anlaß sein, z. B. den Wert des Monddurchmessers genauer zu ermitteln. Aus diesen genannten Gründen wurde seit 1937 vom H. M. Nautical Almanac Office eine starke Verbreitung von Vorausberechnungen über Sternbedeckungen durch den Mond unternommen. Man findet solche alljährlich im „Kalender für Sternfreunde“ veröffentlicht. Von Dr. C. B. Watts vom V. S. Naval Observatory wurden Korrekturen für Unregelmäßigkeiten am Mondrand herausgegeben, die es ermöglichen, noch genauere Bestimmungen durchzuführen.

1.2. Der Beobachtungsort Werdau, eine Mittelstadt im Vorland des Erzgebirges, ist meteorologisch nicht besonders für Himmelsbeobachtungen geeignet. Schnelle Eintrübungen mit nachfolgendem Steigungsregen vereiteln sehr oft vorausgeplante astronomische Arbeiten. Weiterhin verhindern grelle Straßenbeleuchtungen und Verunreinigungen der Luft durch viele Betriebe gute Ergebnisse. Der Horizont ist gerade noch in SO- und S-Richtung von Fremdlicht verschont. Darum werden alle Beobachtungen außerhalb (auf dem Kranzberg) durchgeführt.

Nach dem Meßtischblatt befindet sich dieser Standpunkt:

$$\varphi = 50^{\circ}44'7'' \quad \text{oder } 50^{\circ}74 \text{ n. Br.}$$

$$\lambda = 12^{\circ}23'8'' \quad \text{oder } 12^{\circ}39 \text{ ö. L. und } 330 \text{ m über NN.}$$

$$\text{Die geozentrische Breite beträgt } \tan \varphi' = \frac{(296)^2}{(297) \cdot \tan \varphi} = 50^{\circ}55 \text{ n. Br.}$$

Daraus errechnet sich der geozentrische Radius

$$r = a \sqrt{\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi' \cdot \cos (\varphi - \varphi')}} = 6366 \text{ km}$$

Für Werdau ergeben sich nachstehende Zeitdifferenzen. Gegenüber der Mitteleuropäischen Zeit liegt die mittlere Ortszeit 10^m27^s zurück und der Weltzeit gegenüber 49^m33^s voraus.

1.3. Für die Beobachtung wurde das Schulfernrohr verwendet. Es ist ein selbstgefertigtes Gerät aus einem „Optiksatz zum Basteln“ vom VEB Carl Zeiss Jena. Der Refraktor ist auf einem Stativ montiert und kann um eine Stundenachse gedreht werden. Schwierig ist die Einstellung auf den Meridian, deshalb lassen sich Ungenauigkeiten nicht vermeiden. Für den Refraktor sind 2 Huygens-Okulare mit den Brennweiten 25 mm und 16 mm vorhanden. Das zweilinsige achromatische Objektiv hat einen Durchmesser von 50 mm und eine Brennweite von 540 mm. Dadurch sind 2 Vergrößerungen möglich.

$\left(N = \frac{f \text{ Obj.}}{f \text{ Ok.}}\right)$ und zwar eine 22- und eine 34fache. Um viele Beobachter einsetzen zu können, werden noch eigene Feldstecher mit 6- bzw. 8-facher Vergrößerung verwendet. Zur Zeitnahme stehen Stoppuhren aus der SU mit $\frac{10}{2}$ -Teilung zur Verfügung.

2.1.1. Nicht jeder Stern am Himmel kann durch den Mond bedeckt werden. Er muß auf oder in der Nähe der Mondbahn liegen. Ferner sind Sonnennähe und Extinktion Faktoren, die die Beobachtbarkeit einschränken. Flora Me Bain Sadler, die 1961 im Heft 1/2 der Zeitschrift „Die Sterne“ sich in einem Artikel mit den Sternbedeckungen durch den Mond befaßte, sagt sinngemäß folgendes aus: Sterne, die gut beobachtbar vom Mond bedeckt werden, unterliegen nachstehenden Beschränkungen:

1. Da schwache Sterne am hellen Rand schwer zu sehen sind, wird der Eintritt nur für Sterne von 4^m5 und heller und der Austritt von 3^m5 und heller möglich.
2. Am dunklen Rand des Mondes werden Beobachtungen für den Eintritt nur für Sterne von 7^m5 und heller beschränkt.
3. 48 Stunden vor und nach Neumond können wegen der Sonnennähe nur Sterne von 1^m9 und heller beobachtet werden.
4. 24 Stunden vor und nach Vollmond ist die Grenzgröße 3^m0, wenn keine Mondfluternis ist, wo beide Ränder dunkel sind; 48 Stunden vorher und nachher beträgt die Grenzgröße 5^m5, 72 Stunden vorher und nachher 6^m5.
5. Sterne müssen wenigstens 10° über dem Horizont stehen; ausgenommen sind Sterne von 1^m9 und heller, wobei der angenommene Mindestwert 2° beträgt.
6. Beobachtungen am Tage werden nur für Sterne von 1^m9 und heller möglich, bei anderen Sternen entsprechen früheste und späteste Zeiten (d. h. Grenzen f. Sonnenuntergang und Sonnenaufgang) folgenden negativen Werten der Sonnenhöhe:

Größe	Abend	Morgen
2 ^m 0 – 4 ^m 5	Sonnenuntergang	– 6°
4 ^m 6 – 5 ^m 5	– 3°	– 9°
5 ^m 6 – 7 ^m 5	– 6°	– 12°

Diese Beschränkungen mußten bei der Auswahl der Beobachtungsobjekte beachtet werden. Weiterhin war es notwendig, die Beeinträchtigungen des Beobachtungsortes durch Fremdlicht zu berücksichtigen. Im „Kalender für Sternfreunde“ 1969 und 1970 fanden sich in den Tabellen „Sternbedeckungen durch den Mond“ auf den Seiten 84/85 (1969) und 78/80 (1970) die nachstehend aufgeführten brauchbaren Beobachtungstermine und Beobachtungsobjekte.

Datum	ZC	Stern	Gr.	Ph	MEZ	Potsdam	
						a	b
70 Mai 10	1155	176 B. Gem.	6 ^m 3	E A	22 ^h 34,2 ^m –	+ 0,4 –	– 2,0 –
70 August 26	890	136 Tau	4 ^m 5	E A	0 ^h 46,1 ^m 1 ^h 41,2 ^m	+ 0,4 0,0	+ 1,5 + 1,4

Mit Hilfe des „Atlas Coeli II“ (Antonin Bečvar) wurden weitere Angaben dieser Objekte ermittelt.

1155 176 B Gemini CZ $\alpha = 7^{\text{h}}35^{\text{m}}12^{\text{s}}93$ EB 0^o0048

Angaben aus Rationalised Gen. Catalog of 33342 Stars Epoch 1950,0

$\delta = +24^{\circ}28'27''.0$ EB 0^o,01

Größe = 6^m32

890 136 Tau CZ

$$\alpha = 5^{\text{h}}50^{\text{m}}11^{\text{s}}.0$$

$$\text{EB} + 3^{\text{s}}.77$$

$$\delta = +27^{\circ}36'08''$$

$$\text{EB} + 0^{\text{s}}.8$$

$$\text{Größe} = 4^{\text{m}}.54$$

Mit der drehbaren Sternkarte wurden dann Azimut und Sternhöhe während der Bedeckungszeit festgestellt, um Behinderungen durch Extinktion und Fremdlicht festzustellen und auszuschließen.

Objekt	$\approx a$	$\approx h$	Datum	Beobachtungszeit
1155 176 B Gemini CZ	115°	25°	70 Mai 10	22 ^h 30 ^m
890 136 Tau CZ	250°	25°	70 Aug. 26	0 ^h 45 ^m

Da die Objekte eine Höhe von mehr als 20° haben, dürfte das Fremdlicht kaum stören. Beschränkungen durch Mondalter und Sonnennähe brauchten nicht beachtet zu werden, weil die Angaben aus dem „Kalender für Sternfreunde“ entnommen wurden und dort schon einer Vorauswahl unterzogen waren.

2.1.2. Nachdem die Auswahl der Objekte erfolgt und ihre genauen Koordinaten ermittelt waren, mußten sie am Himmel aufgesucht werden. Dazu wurde durch Skizzen mit Leitlinien das Auffinden am Himmel erleichtert. Durch Orientierungsübungen vor dem Beobachtungstermin konnte die nötige Sicherheit erworben werden.

2.1.3. Zur Bestimmung von Sternörter, Sternbewegungen, Planetenbewegungen und damit letzten Endes zur Massenbestimmung ist eine möglichst exakte Zeitmessung erforderlich. Die Beobachtung einer Sternbedeckung hat nur dann einen Sinn, wenn eine gute Zeitübernahme durch das Zeitsignal des Rundfunks erfolgt und wenn durch genaues Stoppen die Bedeckungsdauer (Ein- und Austritt des Sternes) ermittelt wird. Für die Messungen standen 4 Stoppuhren zur Verfügung, die auf Ganggenauigkeit geprüft werden mußten.

Nr. der Zeitmessung	Uhr 1 Gang/h t	absolute Fehler/h Δ
1	59 ^m 58 ^s .8	-1 ^s .2
2	59 ^m 59.4	-0 ^s .6
3	59 ^m 59 ^s .0	-1 ^s .0
4	59 ^m 59 ^s .8	-1 ^s .2
5	59 ^m 59 ^s .0	-1 ^s .0
Uhr 1	4 ^h 59 ^m 55 ^s .0	-5 ^s .0
Uhr 2	4 ^h 59 ^m 56 ^s .1	-3 ^s .9
Uhr 3	4 ^h 59 ^m 55 ^s .4	-4 ^s .6
Uhr 4	4 ^h 59 ^m 48 ^s .4	-11 ^s .6

Die durchschnittliche Abweichung vom wahren Wert betrug bei 60^m0^s.0: $\delta = \frac{\sum |\Delta i|}{n}$

absolute Fehlerstreuung:

$$\text{Uhr 1: } = \frac{-5^{\text{s}}.0}{5} = -1^{\text{s}}.0$$

$$-1^{\text{s}}.2 \text{ bis } -0^{\text{s}}.6$$

$$\text{Uhr 2: } = \frac{-3^{\text{s}}.9}{5} = -0^{\text{s}}.78$$

$$-1^{\text{s}}.0 \text{ bis } 0^{\text{s}}.6$$

$$\text{Uhr 3: } = \frac{-4^{\text{s}}.6}{5} = -0^{\text{s}}.81$$

$$-1^{\text{s}}.2 \text{ bis } 0^{\text{s}}.5$$

$$\text{Uhr 4: } = \frac{-11^{\text{s}}.6}{5} = 2^{\text{s}}.32$$

$$-3^{\text{s}}.2 \text{ bis } 1^{\text{s}}.1$$

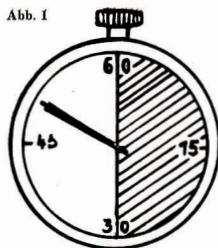
Das hieß also, daß die Uhren bei einer Stunde Gangzeit mit nachstehenden Beträgen korrigiert werden mußten:

$$\text{Uhr 1} + 1^{\text{s}}.0 \quad \text{Uhr 2} + 0^{\text{s}}.78 \quad \text{Uhr 3} + 0^{\text{s}}.81 \quad \text{Uhr 4} + 2^{\text{s}}.32$$

Die absolute Fehlerstreuung zeigte ferner, daß die Messungen wenig sichere Ergebnisse erwarten ließen. Die Uhr 4 konnte überhaupt nicht verwendet werden. Das Ergebnis einer Messung wird jedoch nicht nur von der Ganggenauigkeit der Uhren beeinträchtigt, sondern auch von der Reaktionsschnelligkeit der Person, die die Zeitnahme durchführt. Die 4 Übungen wurden deshalb getestet.

Zu diesem Zwecke wurde eine Stoppuhr zur Hälfte mit Heftpflaster zugeklebt (Abb. 1). Die Übungen wurden beauftragt, zu versuchen, den Uhrzeiger beim Eintauchen unter das Heftpflaster zum Stehen zu bringen, und zwar möglichst bei der Zahl 60. Die Abstände von der 60 zeigen dann die Reaktionsgeschwindigkeit und lassen den Schluß zu, daß beim Eintauchen des Sterns hinter dem Mond gleiche Differenzen auftreten.

Abb. 1



In der gleichen Weise wurden die individuellen Fehler der Stopper beim Austritt des Sterns ermittelt, nur daß der Übende versuchen mußte, den Zeiger möglichst genau bei der 30 zum Stehen zu bringen. Die jeweiligen Differenzen kann man als Maß für die persönlichen Fehler in die Berechnung einfließen lassen. Die Ergebnisse waren wie folgt:

	Eintritt	Austritt
1. Stopper	60,0 s	30,1 s
2. Stopper	60,0 s	30,2 s
3. Stopper	60,0 s	30,0 s
4. Stopper	60,0 s	30,1 s
	$\frac{240,0 \text{ s}}{4} = 60,0 \text{ s}$	$\frac{120,4 \text{ s}}{4} = 30,1 \text{ s}$

$$60,0 \text{ s} - 60,0 \text{ s} = 0,0 \text{ s Diff.}$$

$$30,1 \text{ s} - 30,0 = 0,1 \text{ s Diff.}$$

Der Test zeigte, daß die persönlichen Fehler bei der Messung des Sterneintritts unter der Meßgenauigkeit der Uhren lagen, während bei Sternaustritt ein mittlerer Fehler von $\pm 0,1$ auftrat.

2.1.4. Im „Kalender für Sternfreunde“ 1969 und 1970 sind die genauen Bedeckungszeiten für die Beobachtungsorte Potsdam, Frankfurt/M. und München angegeben. Die Koordinaten dieser Orte lauten: Frankfurt/M. $\varphi = +50,1$ n. Br.; $\lambda = 8,7$ ö. L., München $\varphi = 48,1$ n. Br.; $\lambda = 11,6$ ö. L., Potsdam $\varphi = 52,4$ n. Br.; $\lambda = 13,1$ ö. L., Werdau $\varphi = 50,7$ n. Br.; $\lambda = 12,4$ ö. L.. Die Formel zur Errechnung der Ein- und Austrittszeiten für Werdau wurde aus dem „Kalender für Sternfreunde“ 1970 entnommen.

$$t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$$

Berechnung der Eintrittszeit für Werdau, umgerechnet vom Standort Potsdam für den Stern 1155 176 B Gem ZC:

$$t = 22^{\text{h}}34^{\text{m}}2 + 0,4 [(-12,4) - (-13,1)] + (-2,0) [(50,7) - (52,4)]$$

$$t = 22^{\text{h}}34^{\text{m}}2 + 0,28 + 3,4$$

$$t \approx 22^{\text{h}}37^{\text{m}}9$$

Gleichartige Umrechnungen für Werdau ergeben von Frankfurt/M. $t \approx 22^{\text{h}}37^{\text{m}}7$, München $t \approx 22^{\text{h}}37^{\text{m}}8$. Daraus ergibt sich ein Mittelwert der Eintrittszeit für Werdau zu $22^{\text{h}}37^{\text{m}}8$.

Für den Stern 890 136 Tau ZC konnte die Umrechnung der Eintrittszeit nur von Potsdam aus vorgenommen werden, da für die beiden anderen Standorte die Angaben dazu im Kalender fehlen. Die Rechnung ergab eine Eintrittszeit für Werdau von $0^{\text{h}}43^{\text{m}}8$.

In analoger Weise wurden die Austrittszeiten für diesen Stern aus den drei Kalenderwerten auf den eigenen Beobachtungsort umgerechnet. Es ergaben sich aus den Umrechnungen für Potsdam $1^{\text{h}}39^{\text{m}}5$, Frankfurt/M. $1^{\text{h}}38^{\text{m}}5$, München $1^{\text{h}}38^{\text{m}}9$. Die Mittelung führte auf $1^{\text{h}}38^{\text{m}}9$.

Der Vergleich zeigt, daß die Eintrittswerte eine geringe Streuung aufweisen, die Austrittszeiten dagegen erheblich streuen.

2.2. Wie berichtet, liegt Werdau in einem Gebiet, das sich meteorologisch für astronomische Beobachtungen wenig eignet. So gelangen auch vom November 1969 bis Mai 1970 wegen Bewölkung oder starkem Dunst die geplanten Beobachtungen nicht. Lediglich am 10. Mai und am 26. August 1970 ließ die Witterung Beobachtungen zu.

2.2.1. Die Bedeckung am 1970 Mai 10 wurde von den Beobachtern zu folgenden Eintrittszeiten erkannt (s. Beob.-Protokoll Nr. 1):

Uhr 1	Eintrittszeitpunkt	22 ^h 37 ^m 44 ^s .6	} daraus ergibt sich ein Mittel zu 22 ^h 37 ^m 44 ^s .7
Uhr 2	Eintrittszeitpunkt	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8	
Uhr 3	Eintrittszeitpunkt	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8	

Der Eintrittszeitpunkt wurde von einem Beobachter wegen der geringen scheinbaren Helligkeit des Sterns am Fernrohr angesagt und von 3 Stoppem gemessen.

Dem Beobachtungsprotokoll Nr. 2 vom 1970 August 26 sind folgende Ergebnisse zu entnehmen:

Eintrittszeit	(Uhr 2) — 0 ^h 43 ^m 46 ^s .8	Austrittszeit	(Uhr 1) — 1 ^h 39 ^m 27 ^s .6
Bedeckungsdauer	(Uhr 1) — 0 ^h 55 ^m 40 ^s .8		(Uhr 3) — 1 ^h 39 ^m 27 ^s .5
	(Uhr 3) — 0 ^h 55 ^m 40 ^s .7		

Die errechneten Zeiten für Werdau betragen: Eintrittszeit — 0^h43^m48^s, Mittelwert der Austrittszeit — 1^h38^m54^s, Mittelwert der Bedeckungsdauer — 0^h55^m06^s.

Der Eintrittszeitpunkt wurde von einem Beobachter am Fernrohr registriert und zwei weitere beobachteten mit dem Feldstecher unabhängig voneinander die Bedeckungsdauer und stoppten diese.

2.2.2. Der Stern ZC 1155 176 B Gemini war trotz seiner geringen Helligkeit (6^m.3) noch gut im Fernrohr sichtbar. Er tauchte ganz plötzlich bei —30° selenographischer Breite hinter dem Mond ein. Die Zeitnahme des Eintritts war trotz guter Sichtverhältnisse unsicher, weil das Verschwinden des Lichtpunkchens wegen der Szintillation nicht gut auszumachen war.

Auch ZC 800 136 Tau war gut sichtbar. Er tauchte bei —15° selenographischer Breite ein. Sein Austritt wurde bei —20° selenographischer Breite beobachtet. Bei der Zeitnahme war festzustellen, daß das Hervortreten aus dem unbeleuchteten Mondrand schlechter zu beobachten war, als das Verschwinden hinter dem hellen Teil des Mondes.

Bei beiden Sternen erfolgte der Ein- bzw. Austritt ohne Übergangserscheinungen plötzlich.

2.2.3. Die Messungen vom 1970 Mai 10 können wie folgt gewertet werden:

	1	2	3
	22 ^h 37 ^m 44 ^s .6	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8
		$\bar{x} = \frac{[x]}{n}$	
		$\frac{\delta}{2}$	
i	x	$x + \frac{\delta}{2}$	
1	22 ^h 37 ^m 44 ^s .6	22 ^h 37 ^m 45 ^s .1	δ · Durchschnittliche Abweichung der Stoppuhren bei 1 h Gangzeit (s. Abschnitt 2.1.3.)
2	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8	22 ^h 37 ^m 45 ^s .2	
3	22 ^h 37 ^m 44 ^s .8	22 ^h 37 ^m 45 ^s .2	
		67 ^h 53 ^m 15 ^s .5	
	$\left[x + \frac{\delta}{2} \right]$		
	$\bar{x} = \frac{67^h 53^m 15^s.5}{3} = 22^h 37^m 45^s.2$ (mittl. Meßwert mit Uhrenkorr.)		
	Errechneter Mittelwert der Eintrittszeit (s. Abschnitt 2.1.4.)		— 22 ^h 37 ^m 48 ^s
	Mittlerer Meßwert mit Uhrenkorrektio		— 22 ^h 37 ^m 45 ^s .2
	Differenz		00 ^h 00 ^m 02 ^s .8

Die Einbeziehung des persönlichen Fehlers des Beobachters durch die Szintillation konnte nicht erfolgen, weil sich diese Größe nicht ermitteln ließ.

Trotz der Differenz von 2,8 s zwischen dem errechneten und dem gemessenen Wert kann die Beobachtung noch als gelungen bezeichnet werden, da die Umrechnungen vom Standort Potsdam (wie auch von den beiden anderen im „Kalender“ aufgeführten) auf Werdau nur auf Zehntelgrad der geographischen Koordinaten genau erfolgte und sich somit Differenzen ergeben müssen.

Die Messungen vom 1970 August 26 erhalten folgende Wertung: Es handelt sich hierbei um zwei Messungen. Einmal wurde die Eintrittszeit und zum anderen die Bedeckungsdauer ermittelt. Die Festlegung der genauen Eintrittszeit mit der Uhr 2 ergab 0^h43^m46^s.8 = x (gemessene Eintrittszeit)

$$0^h 43^m 46^s.8 + 0,4 \text{ s} = 0^h 43^m 47^s.2 = x + \frac{\delta}{2} \text{ (Uhrstand + Korr.)}$$

Der persönliche Fehler brauchte beim Eintritt nicht berücksichtigt zu werden, da die Differenz unter dem meßbaren Wert der Uhr lag (s. Abschnitt 2.1.3.).

0^h43^m47^s2 — (korrigierter Wert)

0^h43^m48^s0 — (errechneter Wert; s. Abschn. 2.1.4.)

0^h00^m00,8 s — (Differenz)

Die Differenz von 0,8 s ist sehr gering. Die Messung dürfte dem wirklichen Wert sehr nahe liegen.

Die Ermittlung der Bedeckungsdauer ergab:

	x	x + δ	x + δ - v _p
Uhr 1	0 ^h 55 ^m 40,8 ^s	0 ^h 55 ^m 41,8 ^s	0 ^h 55 ^m 41,7 ^s
Uhr 3	0 ^h 55 ^m 40,7 ^s	0 ^h 55 ^m 41,5 ^s	0 ^h 55 ^m 41,4 ^s

$$[x + \delta - v_p] \quad 1^{\text{h}}51^{\text{m}}23,1^{\text{s}}$$

x — gemessener Wert der Bedeckungsdauer

δ — durchschnittliche Abweichung der Uhren bei 1 h Gangzeit (Abschn. 2.1.3.)

v_p — persönlicher Fehler der Stopper (Abschnitt 2.1.3.)

$$\bar{x} = \frac{1^{\text{h}}51^{\text{m}}23,1^{\text{s}}}{2} = 0^{\text{h}}55^{\text{m}}41,6^{\text{s}} \text{ (mittlerer korr. Meßwert)}$$

0^h55^m41,6^s (mittlerer korrigierter Meßwert)

0^h55^m06,0^s (errechnete Bedeckungsdauer)

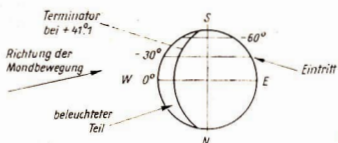
0^h00^m15,6^s (Differenz)

Diese Differenz von 15,6 s zwischen den errechneten und den gemessenen Werten der Bedeckungsdauer ist ziemlich groß und ist auf Grund der Mängel im Meßverfahren und der gerundeten Koordinaten der verschiedenen Standorte entstanden. Sie kann keinen Anspruch auf Brauchbarkeit erheben.

3.1. Will man eine Bedeckung durch den Mond voraus berechnen, so sind Beschränkungen der Beobachtbarkeit durch Mondalter, Sonnenuntergangszeit und Objekthelligkeit zu berücksichtigen (s. Abschnitt 2.1.1.).

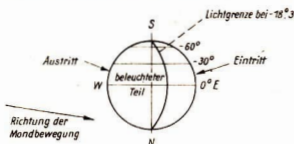
Da der Mond auf seiner Bahn nur eine bestimmte Zahl von Sternen bedecken kann, ist es erforderlich, eine Auswahl zu treffen. Grundsätzlich gilt: Wenn sich ein Stern zu irgendeinem Zeitpunkt innerhalb einer Winkelentfernung vom Mond befindet, die geringer ist als die Summe von Horizontalparallaxe und Halbmesser des Mondes, so muß er von einem Punkt der Erde aus bedeckt gesehen werden (Mc. B. Sadler). Ein Stern kann innerhalb eines Jahres also mehrmals bedeckt werden, weil der Mond bei seinem Erdumlauf 12 oder 13mal fast gleiche Bahnen am Himmel durchläuft. Etwa 2330 ZC-Sterne sind daher zu prüfen, ob und wann sie vom Mond bedeckt werden. Dabei werden im Katalog von 1950 die Sternpositionen und die Mondbahnwerte verglichen. So werden alle Sterne ausgewählt, deren Positionen von 1950 näher an den Mondbahnwerten liegen als die Summe von Horizontalparallaxe und Halbmesser des Mondes. Nach dieser Vorauswahl werden dann für alle in Betracht kommenden Sterne scheinbare Örter für jede Konjunktion in Rektaszension berechnet. Mit Hilfe der Besselschen Geometrie können dann die Zeiten berechnet werden, in denen die Projektionslinien Stern-Beobachter den Mondrand tangential berühren. Natürlich sind die Werte, die von den astronomischen Stationen veröffentlicht werden, auf deren Standorte bezogen. Deshalb ist es erforderlich, die Längen- und Breitenunterschiede des Beobachtungsortes eines jeden anderen Beobachters zur astronomischen Station noch zusätzlich mit in die Rechnung einzubeziehen.

Skizze aus dem Beobachtungsprotokoll Nr. 1.
Objekt: Stern Z C 1155 176 B Gemini.



Beobachter: Ingrid Gläser, Werdau.

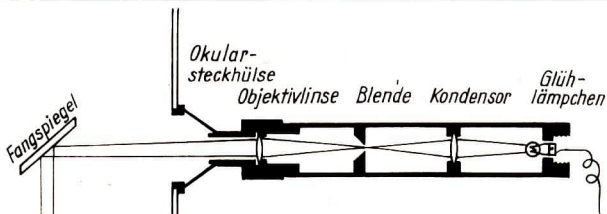
Skizze aus dem Beobachtungsprotokoll Nr. 2
Objekt: Stern Z C 890 136 Tau.



Beobachter: Rainer Schürer, Werdau.

Die Vielzahl der Bedeckungen macht eine beträchtliche Arbeit für die Vorausberechnungen notwendig. Etwa die Hälfte aller errechneten Werte müssen aber verworfen werden, weil sie für unbewohnte Gebiete der Erde zutreffen. Mit für Sternbedeckungen programmierten Rechenmaschinen kann man ohne großen Zeitaufwand unbrauchbare Konjunktionen erkennen und ausscheiden. Ferner erhält man durch die Rechenmaschinen auch vorläufige Zeiten und Positionswinkel, bei denen sich eine Weiterbearbeitung lohnt.

Fortsetzung S. 111



Justierhilfe für den Newton-Reflektor

Vom Wunsche, seinem Instrument das Höchstmögliche abzufordern ist jeder Amateur bestrebt. Die Bildqualität ist jedoch in erster Linie von der Güte der Optik und der einwandfreien Justierung abhängig. Das gilt besonders für Spiegelfernrohre. Die Qualität der optischen Teile läßt sich mit den in der Fachliteratur häufig beschriebenen, primitiv erscheinenden Methoden mit ungeahnter Genauigkeit prüfen, leider wird in diesen Schleif- und Bauanleitungen aber das Problem der exakten Justierung stets nur dürftig behandelt. Sie schließen meist mit den Worten, daß die letzten Justierarbeiten am Himmel, also an einem Stern vorgenommen werden müssen. Das hat zwar seine volle Gültigkeit, nur bleibt dann die Frage offen, an welcher der 6 Schrauben (3 Fangspiegel- und 3 Hauptspiegeljustierschrauben) gedreht werden muß. Langbrennweitige Spiegelsysteme sind bekanntlich leichter zu zentrieren als kurzbrennweitige. Mein 150/750 (1:5) bereitete mir so lange Kummer, bis ich eine kleine Hilfseinrichtung baute, mit der das Justieren zum Spiel wird. Ich gehe davon aus, den Fangspiegel exakt auszurichten und dann nur noch den vorher grob justierten Hauptspiegel geringfügig am Himmelsobjekt zu korrigieren. Das Prinzip ist aus der Skizze ersichtlich. Eine punktförmige, beleuchtete Blende (mit einer Stecknadelspitze durchstochene Al-Folie) wird mittels einer nicht zu kurzbrennweitigen Linse ($f \approx 80$ mm) durch die Okularsteckhülse über den Fangspiegel auf eine, den Hauptspiegel bedeckende und im Mittelpunkt markierte Kartonscheibe ($\varnothing$ des Kartons = $\varnothing$ des Hauptspiegels) projiziert und dort als kleiner Lichtpunkt abgebildet. Es ist nunmehr ein leichtes, den Fangspiegel in die richtige Lage, d. h. den Lichtpunkt mit der Markierung zur Deckung zu bringen. Man überzeuge sich durch Drehen der Vorrichtung in der Okularsteckhülse, ob sich der Lichtfleck wieder vom Mittelpunkt entfernt (mangelhafte Zentrierung der Blende), was bei unseren beschränkten Bastelmöglichkeiten durchaus vorkommen kann. In diesem Falle ist der Fangspiegel dann in seiner richtigen Lage, wenn der Mittelpunkt des Kreises, den die Lichtmarke beschreibt, mit dem Mittelpunkt des Hauptspiegels (Markierung auf dem Karton) zusammenfällt. Nunmehr ist nur noch eine Korrektur des Hauptspiegels erforderlich, die an einem hellen Stern in der oft beschriebenen Weise durchgeführt wird. Zum Zusammenbau der Vorrichtung seien noch einige Tips gegeben. Die Projektionslinse ist in eine Hülse zu fassen, die bis zu einem Anschlag in die Okularsteckhülse gesteckt werden kann. Tut man solches und bringt eine kleine elektrische Birne hinter die Linse, so bildet sich auf dem mit weißem Karton abgedeckten Hauptspiegel bei einem bestimmten Abstand Linse-Glühlampe die Glühwendel scharf ab. In dieser Entfernung muß später die Blende sein. Schließlich muß der durch Glühlampe und Kondensorlinse erzeugte Lichtfleck auf der Blende etwas größer als deren freie Öffnung sein.

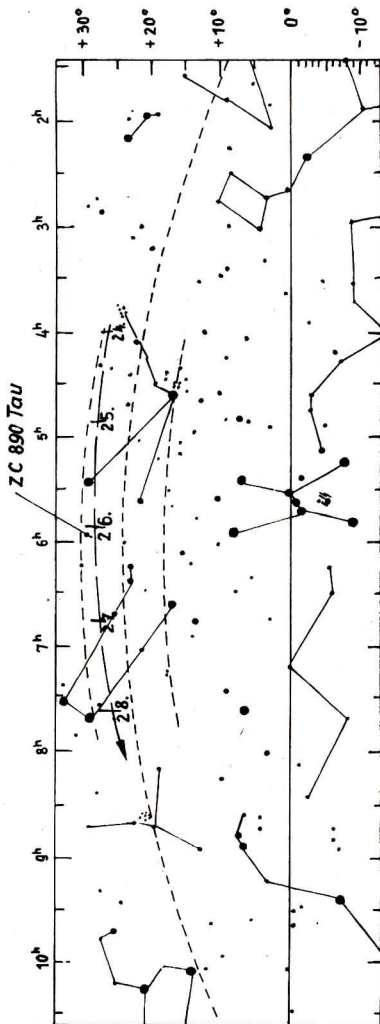
Mit dieser Methode gelang es mir, die Bildqualität wesentlich zu verbessern und ich weiß von Amateuren mit langjähriger Praxis zu berichten, die erstaunt waren, wie schief ihr Fangspiegel stand, ohne daß sie davon vorher Kenntnis hatten.

Hauptspiegel

Abb. 1: Strahlengang der Justiereinrichtung.

ACHIM GRÜNBERG

Abb. 2 (Zeichnung: Albert)



3.2. Vorausberechnungen für Sternbedeckungen, wie sie unter 3.1. beschrieben wurden, lassen sich mit Teilnehmern von Schülerarbeitsgemeinschaften nicht ausführen. Vielmehr eignet sich hier — der Anschaulichkeit wegen — eine zeichnerische Ermittlung von Sternbedeckungsmöglichkeiten.

Diese Art ist zwar mathematisch nicht exakt, hat aber dafür den großen Vorteil, daß sie von den Schülern selbständig durchgeführt werden kann. In eine Tierkreis-karte (s. Abb. 2) wird beiderseits der Ekliptik im Abstand von 5.5° begrenzt ein Sektor eingezeichnet. In diesem Sektor verläuft die Mondbahn. Alle Sterne, die sich innerhalb dieser Zone befinden, werden im Zeitraum von 18,6 Jahren mindestens einmal vom Monde bedeckt, weil ja die Knotenpunkte der Mondbahn in diesem Zeitraum wandern. In extremen Fällen kommt es nur zu einer streifenden Berührung zwischen Mondrand und Stern. Nun werden die täglichen Rektaszensions- und Deklinationswerte des scheinbaren Mondmittelpunktes (nach „Kalender für Sternfreunde“) übertragen und durch eine Kurve miteinander verbunden. Die erhaltene Kurve zeigt die scheinbare Mondbahn. Auf ihr bewegt sich der Mondmittelpunkt. Da der Mond aber einen mittleren scheinbaren Durchmesser von $31'5''$ hat, müssen beiderseits der Mondbahn im Abstand von rund $16'$ liegende Objekte vom Mondkörper im jeweiligen Zeitraum berührt oder bedeckt werden. Mit Hilfe der Tabellen über Sternbedeckungen durch den Mond im „Kalender“ lassen sich die selbst aufgefundenen Ergebnisse kontrollieren und korrigieren. Eine solche Vorarbeit fördert nicht nur das Verständnis für die Durchführung der Beobachtungen bei den Schülern, sie macht auch dem Amateur immer wieder Freude, wenn er erkennt, wie gut seine eigenen „Voraussagen“ sind.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung

Wiechert	84 S	165 E
E. (1801 – 1928), deutscher Geophysiker; Professor, Göttingen; Gründer des Geophysikalischen Institutes; Seismologie.		
Wiener	41 N	146 E
Norbert (1894 – 1964), USA-Mathematiker; Professor, M. I. T.; Wahrscheinlichkeits- und Potentialtheorien, Relativität und Quantentheorie; Begründer der Kybernetik (Kommunikations- und Kontrollwissenschaft); wichtige Beiträge zur Entwicklung der modernen Computer.		
Wilsing	22 S	155 W
J. (1856 – 1943), deutscher Astronom, Observatorium Potsdam; visuelle Spektrophotometrie der Sonne und der Sterne.		
Winkler	42 N	179 W
Johannes (1897 – 1947), deutscher Raketenwissenschaftler; startete 1931 die erste erfolgreiche europäische flüssigkeitsgetriebene Rakete, wo Sauerstoff und Methan verbrannt und eine Höhe von 1000 ft erreicht wurde; 1927 gründete er den „Verein für Raumschiffahrt“.		
Winlock	35 N	106 W
Joseph (1826 – 1875), USA-Astronom; Professor, Direktor des Harvard-Observatoriums; erzielte die erste Photographie einer Korona während einer Sonnenfinsternis; wandte als Erster langbrennweitige Teleskope für die Photographie an.		
Woltjer	45 N	160 W
Jan (1891 – 1946), holländischer Astronom, Observatorium Leiden; Himmelsmechanik; Sternatmosphären, Pulsationen der Cepheiden, Sonnenschwundphase.		
Wood	44 N	121 W
Robert W. (1868 – 1955), USA-Physiker; Professor der John Hopkins-Universität; experimentelle Forschung in der physikalischen Optik; Modifizierung von Beugungsgittern; stellte die ersten infraroten und ultravioletten Photographien des Mondes her.		
Wyld	1 S	98 E
James H. (1913 – 1953), USA-Raketenwissenschaftler; früheres Mitglied und Experimentator der amerikanischen Raketen-gesellschaft; entwarf, baute und testete 1938 das erste erfolgreiche, regenerativ gekühlte Raketenantriebwerk der USA, dieser Entwurf war die Grundlage für die Bildung der Reaction Motors Inc., sein Konzept wurde oft genutzt.		
Yablochkov	61 N	127 E
Pavel N. (1847 – 1897), russischer Elektroingenieur; Erfinder der Bogenlampe; Forschung über Erzeugung und Verteilung elektrischen Stromes.		
Yamamoto	59 N	161 E
I. (1889 – 1959), japanischer Astronom; Direktor des Quasan-Observatoriums; Veränderliche Sterne, Kometen, Zodiakal-licht.		
Zander	5 N	149 W
Friedrich A. (1887 – 1933), sowjetischer Raketenwissenschaftler, Erfinder; Raketenantriebe mit komprimierter Luft und Benzin, flüssigem Stickstoff und Benzin; aktives Mitglied der GIRD.		
Zeeman	75 S	135 W
Pieter (1865 – 1943), niederländischer Physiker; Professor, Amsterdam, Direktor des Physikalischen Institutes Amster-dam; Nobelpreis 1902; entdeckte den Zeeman-Effekt, das Verhalten von Spektrallinien in einem magnetischen Feld.		



Abb. 1: Eine Aufnahme aus dem Apollo-14-Mutterschiff von der Mondoberfläche. Ein Teil des Kraterwalles des Kraters Perry.



Abb. 2: Gleichfalls eine Apollo-14-Aufnahme, und zwar des als Davy Y bekannten Kraterfeldes. Eine Reihe von Klein-kratern durchquert das Gelände.

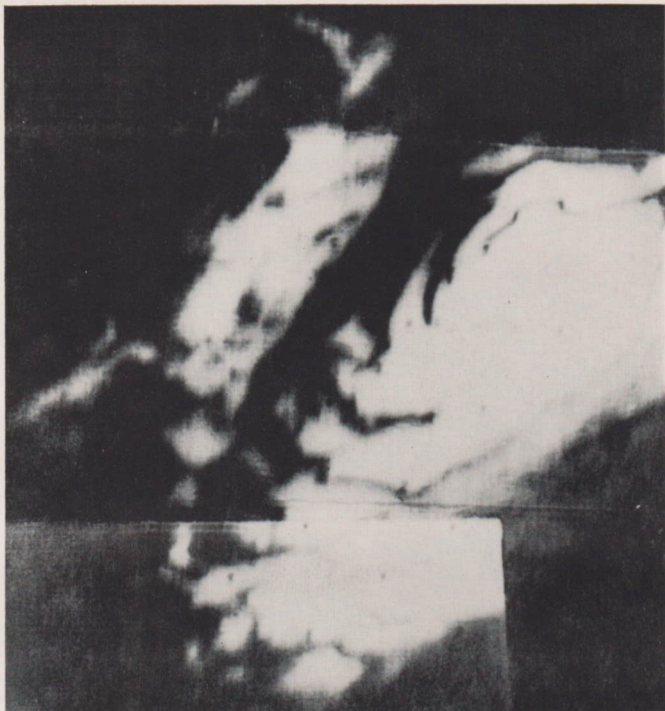


Abb. 3, oben: Eine Aufnahme der Südpolarkappe des Mars, die während des 5tägigen Umlaufs von Mariner 9 mit der Weitwinkelkamera gewonnen wurde. Sie zeigt fast die gesamte Polkappe, die in zwei Teile gespalten ist. Der größere Teil ist von zahlreichen „Schmelzrillen“ durchzogen. Die Ausdehnung der Kappe beträgt etwa 320 km, das Zentrum des größeren Teils liegt bei etwa 85 Grad areographischer Breite.

Abb. 4, rechts: Eine Aufnahme, die von Mariner 7 im August 1969 erzielt wurde und die etwa das gleiche Gebiet umfaßt, wie es Abb. 3 zeigt. Die Orientierung ist bei beiden Aufnahmen die gleiche. Man erkennt deutlich die diagonal verlaufenden linearen Geländestrukturen.





Die drei Detailaufnahmen (rechts) des Marssüdpols wurden von der Hochauflösungskamera an Bord von Mariner 9 gewonnen. Diese Aufnahmen haben eine Kantenlänge von knapp 90 km.



Abb. 5. (rechts oben) wurde am 19. November 1971, Abb. 6 (rechts Mitte) am 28. November und Abb. 7 (rechts unten) am 1. Dezember 1971 aufgenommen. Deutlich ist hier der von einem Riß ausgehende Abschmelzvorgang des Marssüdpolfeldes zu erkennen.



Abb. 8 (oben links) ist ein Übersichtsbild. Der schwarze Pfeil zeigt das aufgenommene Gebiet, der weiße Pfeil mit dem Buchstaben N gibt die Nordrichtung an; rechts unten zeigt ein weißer Punkt (Kreis) den areographischen Südpol des Mars, der frei von „Eisbedeckung“ ist.

Zelinsky	29 S	167 E
Nikolai D. (1861–1953), sowjetischer Chemiker; Professor, Universität Moskau; Katalyse organischer Verbindungen; Synthetisierung von Öl und Kautschuk; Forschungen über den Ursprung des Öls, Organische Chemie.		
Zernike	18 N	168 E
Fritz (1888–1966), holländischer Physiker; Professor, Groningen; Nobelpreis für Physik 1953; entwickelte ein Phasenkontrast-Mikroskop zur Untersuchung der inneren Struktur lebenden Gewebes ohne Zerstörung.		
Zhiritsky	25 S	120 E
Georgy S. (1893–1966), sowjetischer Raketenwissenschaftler; entwarf Gasturbinen und Raketentriebwerke; Forschungen über Wärmeprobleme bei Raketen, Konstruktion sowie Belastungsanalysen.		
Zhukovsky	7 N	167 W
Nikolai Y. (1847–1921), russischer Physiker; Professor des Polytechnischen Instituts der Universität Moskau; Gründer des Zentrallinstituts für Aerohydrodynamik; „Vater der russischen Luftfahrt“, Forschung über Aerodynamik und Hydrodynamik.		
Zinger	57 N	176 E
Nikolai J. (1842–1918), russischer Astronom; Spezialist für Geodäsie; erfand eine Methode zur Bestimmung der Korrektur der Uhrzeit, heute noch weit verbreitet.		
Zsigmondy	59 N	105 W
Richard A. (1865–1929), österreichischer Chemiker; Professor, Göttingen; Nobelpreis 1925; Forschungen über Kolloide; Miterfinder des Ultramikroskops.		

Für Mondkrater vorgeschlagene Namen lebender Astronauten

Erste Mondumkreisung

Anders	42 S	144 W
William A. (geb. 1933), USA-Astronaut, Pilot des Mondmoduls für Apollo 8, erste Reise zum Mond im Dezember 1968; studierte an der US-Marine-Akademie; Kerntechnik am Airforce Institut für Technik.		
Borman	37 S	142 W
Frank (geb. 1928), USA-Astronaut; Stellvertretender Direktor für Flugoperationen des Raumfahrtzentrums in Houston; kommandierender Pilot von Gemini 7, Rekordumkreisung von 330,58 Std. im Dezember 1965; Raumschiffkommandeur des Apollo 8-Fluges zum Mond im Dezember 1968; besuchte die US-Militär-Akademie und studierte Luftfahrttechnik, Cal. Tech.		
Lovell	39 S	149 W
James A. jr. (geb. 1928), USA-Astronaut, Pilot von Gemini 7 im Dezember 1965; kommandierender Pilot von Gemini 12 im November 1966; kommandierender Pilot des Landefahrzeugs für Apollo 8; Kommandeur des Apollo 13-Fluges im April 1970; besuchte die US-Marine-Akademie; war Testpilot der Marine.		

Erste Landung auf dem Mond

Aldrin	1,4 N	22,1 E
Edwin E. jr. (geb. 1930), USA-Astronaut; Pilot von Gemini 12, verbrachte mehr als 5,5 Stunden außerhalb des Raumschiffes im November 1966; Pilot des Mondlandefahrzeugs von Apollo 11, betrat als zweiter Mensch den Mond im Juli 1969, besuchte die US-Militärakademie; Dr. der astronautischen Wissenschaften MIT.		
Armstrong	1,5 N	25 E
Neil A. (geb. 1930), USA-Astronaut, kommandierender Pilot von Gemini 7, erstes Zusammenkoppeln zweier Raumfahrzeuge im März 1966; Kommandeur von Apollo 11; erster Mensch, der den Mond betrat am 20. Juli 1969; studierte Luftfahrttechnik der Purdue-Universität; Forschungs-Testpilot für Raketenflugzeuge.		

Collins

1,3 N

23,7 E

Michael (geb. 1930), USA-Astronaut; Pilot von Gemini 10, drei Umrundungen mit Tätigkeit außerhalb des Raumfahrzeug im Juli 1966; kommandierender Pilot des Landefahrzeugs von Apollo 11, Mondlandemission im Juli 1969; studierte an der US-Militärakademie.

Sowjetische Kosmonauten

Feoktistov

31 N

140 E

Konstantin P. (geb. 1926), sowjetischer Kosmonaut; Dr. der technischen Wissenschaften, erster wissenschaftlicher Kosmonaut, führte erste Experimente im Raumschiff Woschod im Oktober 1964 durch.

Leonov

19 N

148 E

Alexei A. (geb. 1934), sowjetischer Pilot und Kosmonaut, erster Mensch, der während des 26 Stunden-Fluges von Woschod 2 im März 1965, in den Weltraum hinaus trat.

Nikolajew

35 N

151 E

Andrian G. (geb. 1929), sowjetischer Pilot und Kosmonaut; nahm am ersten Gruppenflug im August 1962 teil; Kommandeur von Sojus 9, der im Juni 1970 einen Orbitalflug mit Rekordlänge ausführte.

Schatalow

24 N

140 E

Vladimir (geb. 1927), sowjetischer Pilot und Kosmonaut; nahm an der Kopplung der ersten experimentellen Orbitalstation im Januar 1969 teil; leitete den ersten Gruppenflug von drei Sojus-Raumschiffen im Oktober 1969.

Tereschkowa-Nikolajewa

28 N

147 E

Valentina V. (geb. 1937), sowjetische Pilotin und Kosmonautin; Pilot von Wostok 6, 48 Erdumkreisungen im Juni 1963.

Titow

28 N

150 E

German S. (geb. 1935), sowjetischer Pilot und Kosmonaut; Pilot von Wostok 2, machte den ersten, einen Tag langen Flug in den Weltraum mit 17 Umrundungen im August 1961.

Berichtigte Positionen der Krater auf der sowjetischen IAU-Liste 1961

Edison

25 N

99 E

Thomas A. (1847–1931, USA-Erfinder; Organisator der Edison Electric Co.

Giordano Bruno

36 N

103 E

(1548–1600) (in Italien geb.), Philosoph, Kosmologe; betrachtete die Erde als um eine sich bewegende Sonne kreisend, hielt die Sterne für Zentren anderer Planetensysteme, die sich im unendlichen Raum bewegen; widersprach der Verantwortlichkeit Gottes und wurde auf dem Scheiterhaufen verbrannt.

Hertz

13 N

104 E

Heinrich R. (1857–1894), deutscher Physiker; Professor der Universität Bonn; Forschungen über die Entladung von Elektrizität in verdünnten Gasen; beobachtete als Erster elektromagnetische Wellen (Hertz oder Radiowellen) (etwa 1896), studierte ihre Eigenschaften.

Joliot

26 N

94 E

Frederic (1900–1958), französischer Physiker; Professor der Universität Paris; Entdeckung von künstlicher Radioaktivität; Kernphysik; Struktur des Atoms; Neutronenemission bei der Kernspaltung; Hochkommissar für Atomenergie.

Jules Verne

36 S

146 E

(1828–1905), französischer Sciencefiction-Schriftsteller, bemerkenswert vorausschauend.

Kurchatow

38 N

142 E

Igor V. (1903–1960), sowjetischer Kernphysiker; Direktor des Kernphysikalischen Laboratoriums des Physikalisch-technischen Institutes; leitete den Bau von Zyclotronen an; Forschungen über Kernspaltung durch Neutronenbombardement sowie über spontane Spaltung.

Lobaschewsky	9 N	113 E
Nikolai I. (1793 – 1856), russischer Mathematiker; Professor der Universität Kazan; nichteuklidische Geometrie, die er später mit der Einstein'schen Relativitätstheorie verband.		
Lomonossow	27 N	98 E
Michail V. (1711 – 1765), russischer Wissenschaftler; Professor der Universität der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg; Forschungen über Chemie, Astronomie, Meteorologie, Geologie, Kartographie; auch als Grammatiker, Dichter, Historiker bekannt.		
Maxwell	30 N	98 E
James C. (1831 – 1879), britischer Physiker; Professor der Universität Cambridge; Grundlagenforschung über Elektrizität und Magnetismus, Maxwell'sche Gleichungen.		
Mendelejew	5 N	141 E
Dimitri I. (1834 – 1907), russischer Chemiker, Professor der Universität St. Petersburg; entwickelte das Periodensystem der Elemente (wobei er nur 63 benutzte) auf der Grundlage ihres Atomgewichts; entdeckte die Periodizität von physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente, sagte die Eigenschaften anderer Elemente voraus, entdeckte einige Elemente und korrigierte das Atomgewicht anderer.		
Pasteur	12 S	105 E
Louis (1822 – 1895), französischer Chemiker, Mikrobiologe; Professor, Sorbonne; Direktor des Pasteur-Institutes Paris; Gründer der Mikrobiologie, Bakterientheorie der Krankheiten und Immunitätswissenschaft; entwickelte eine wirkungsvolle Behandlung für Tollwut.		
Popov	17 N	99 N
Alexander S. (1859 – 1905), russischer Physiker, Marine-Ingenieur, Kronstadt; Forschungen über den Gebrauch elektromagnetischer Wellen zur Signalübermittlung; atmosphärische Elektrizität; Röntgenstrahlen.		
Popov		
C. (1880 – 1966), bulgarischer Astronom, Himmelsmechanik.		
Skłodowska	18 S	96 E
Marie (Mme. Curie) (1867 – 1934), polnisch-französische Physikerin und Chemikerin; Professor an der Sorbonne; Direktorin des Radium-Instituts; Nobelpreis für Physik 1903 (gemeinsam mit P. Curie und Becquerel); Nobelpreis für Chemie 1911 (einziger Preisträger, der den Nobelpreis zweimal bekam); Grundlegende Arbeiten über die Radioaktivität.		
Ziolkowsky	21 S	129 E
Konstantin E. (1857 – 1935), russisch-sowjetischer Physiker; Forschung über die Raketentheorie; sagte als Erster die Möglichkeit von Raumstationen voraus.		
Tsu Chung -Chi	17 N	144 E
(430 – 501), chinesischer Mathematiker; bestimmte den Wert von Pi auf 6 Dezimalstellen genau.		

Fortsetzung und Schluß Heft 5/72

Aus der Literatur

Verteilung der Röntgenquellen

J. F. Dolan vom Warner and Swasay Observatory untersuchte die Verteilung der Röntgenquellen in galaktischer Breite. Er bezog in seine Untersuchungen alle Quellen ein, deren Positionen bis zum 1. 12. 1969 genau bekannt waren. Es handelt sich dabei um solche Quellen mit einer hohen Strahlungsleistung unter 6,2 Ångström. Das Ergebnis zeigt, daß diese Quellen eine starke Konzentration zur galaktischen Ebene haben:

galaktische Breite	Anzahl der Quellen
$\pm 0^\circ$ bis $\pm 5^\circ$	30
$\pm 5^\circ$ bis $\pm 10^\circ$	15
$\pm 10^\circ$ bis $\pm 15^\circ$	3
$\pm 15^\circ$ bis $\pm 20^\circ$	1
über $\pm 20^\circ$	11

Damit zeigen die Röntgenquellen die Verteilung der Population I.

Nach: Astronomical Journal 75, S. 4.

Sm.

Hauptenergiequelle der Sonne ist der pp-Zyklus

R. Davis und Mitarbeiter untersuchten den auf der Erde ankommenden Neutrinostrom der Sonne. Ihre Empfangseinrichtung hatten sie in einer Goldmine in 1500 m Tiefe aufgestellt. Damit wollten sie störende andere Neutrinoquellen ausschließen. Ihre Nachweiseinrichtung bestand in 37000 Liter flüssigem Tetrachloräthylen (C_2Cl_4). Durch Neutrinobeschuß kommt es zu folgender Reaktion:



Auf die Stärke des Neutrinostromes kann man schließen, wenn man nachweist, wieviel Argon in der Zeiteinheit aus dem Chlor entstanden ist.

Das von Davis erhaltene Resultat ergab $0,5 \pm 0,2$ Zerfälle pro Tag. Das bedeutet eine Zentraltemperatur der Sonne von 14 Millionen Grad. Aus dem Neutrinostrom kann man direkt auf die Zentraltemperatur der Sonne schließen, da die Neutrinos praktisch ohne Wechselwirkung in etwa 2 Sekunden vom Sonnenzentrum an der Sonnenoberfläche sind und 8 Minuten danach auf der Erde ankommen.

Bei der Zentraltemperatur der Sonne, auf die man durch Messung des Neutrinostromes kommt, ist der Protonen-Protonen-Zyklus der vorherrschende für die Energiefreisetzung der Sonne. Für den Kohlenstoff-Stickstoffzyklus wäre, sollte er der bestimmende sein, eine höhere Temperatur notwendig, die einen 50mal höheren Neutrinostrom zur Folge haben müßte.

Abschließend soll aber bemerkt werden, daß die Messungen des Neutrinostromes noch mit einem hohen Unsicherheitsfaktor behaftet sind.

Nach: New Scientist 50 (1971).

Sm.

Zur Mondbeschaffenheit

Im Hinblick auf die Ergebnisse der Untersuchungen des von Luna 20 zur Erde gebrachten Mondgesteins erklärte der sowjetische Wissenschaftler Alexander Winogradow in einem „Iswestija“-Interview zur Oberflächenbeschaffenheit des Mondes: „Die erdzugewandte Seite des Mondes wird nach unseren bisherigen Erkenntnissen von einem riesigen Basaltmeer eingenommen. Die Rückseite stellt im wesentlichen ein aus Anorthositgestein bestehende Festland dar. Die Ursache dieses scharfen Unterschiedes zwischen den beiden Mondhalbkugeln gehört zu den erregendsten Geheimnissen, die die Wissenschaft zu enträtseln hat“.

Ein Kiesenmeteorit stürzte am 13./14. 5. 1972 auf den Mond im Gebiet des Fra-Mauro-Hochlandes. Er bildete einen Krater von rund 100 Metern Durchmesser. Der Aufschlag wurde von den vier auf dem Mond installierten amerikanischen Seismographen registriert. Die Schockwellen währten drei Stunden lang und ermöglichten Wissenschaftlern des Raumfahrtzentrums in Houston, Meßdaten aus Mondschichten von 1000 Kilometer Tiefe zu erhalten. Ersten Schätzungen zufolge hatte der Meteorit einen Durchmesser von über drei Metern.

Sowjetische Wissenschaftler vermuten, daß der Mond früher ein Magnetfeld besaß oder vom Weltraum her stark magnetisch geladen wurde. Die Annahme stützt sich auf Untersuchungen der magnetischen Eigenschaften von Meteoriten sowie des Mondgesteins. Dabei wurden die Proben u. a. bis auf Temperaturen flüssigen Stickstoffs abgekühlt, so daß Anzeichen eines außerirdischen Primärmagnetismus entdeckt werden konnten.

Spuren eines natürlichen Restmagnetismus sind nachgewiesen worden, als Mondgestein Temperaturen zwischen plus 180 und 900 Grad Celsius ausgesetzt wurde. Wie einem Bericht der Nachrichtenagentur TASS zu entnehmen ist, vermuten die Wissenschaftler, daß das Magnetfeld des Mondes einst eine Stärke von etwa 2000 Gauß hatte.

Neues vom Mars durch Marssondenbeobachtungen

Die Mars-Sonde Mariner 9 und auch die beiden sowjetischen Marsstationen erreichten den Nachbarplaneten der Erde zu einem Zeitpunkt, als große Teile seiner Oberfläche durch Staub in der Marsatmosphäre, der infolge eines starken Sturmes aufgewirbelt worden war, der Beobachtung nicht zugänglich waren. Lediglich die Südpolkappe war staubfrei und konnte vermessen werden.

Es konnte nachgewiesen werden, daß durch die Stürme der Staub in der Marsatmosphäre bis zu 13 km Höhe getragen werden kann, aus der er nach Auffassung sowjetischer Wissenschaftler sehr langsam in einer ruhigen Atmosphäre wieder absinkt. Die Zeitdauer des Absinkens kann bis zu einem Monat betragen. Jene Schicht, in der sich der aufgewirbelte Staub hauptsächlich ansammelt, liegt etwa bei 8 km. Amerikanische Wissenschaftler kommen aus Temperaturverlaufmessungen auf eine charakteristische Höhe der Marsatmosphäre von etwa 10 km. Das ist weniger, als die maximalen Höhendifferenzen der festen Oberflächenstrukturen, die bei 13 km liegen.

Die starken Höhendifferenzen auf der Marsoberfläche haben starke Druckunterschiede zur Folge. An den tiefsten Punkten der Marsoberfläche wurden 8,2 Millibar gemessen, auf den höchsten Bergen nur 2,9 Millibar. Die Temperatur ist nicht so eng mit den Höhenwerten gekoppelt, sie schwankt zwischen 222 K und 256 K in dem beobachteten Gebiet; trotz der 13 km Höhendifferenz ist das wenig.

Die maximale Windgeschwindigkeiten, auf die man durch die Beobachtung der Staubstürme geschlossen hat, liegen bei etwa 250 km/h. Nach der Beaufortskala spricht man, wenn die Windgeschwindigkeit 120 km/h überschreitet, von Orkanen. Durch Mariner 9 wurden auch photographische Nahaufnahmen der Marsmonde gewonnen (s. Heft 3/72). Diese lassen erkennen, daß die Marsmonde pro Flächeneinheit stärker mit Kratern überdeckt sind als der Mars selbst. Die größten Krater

Fortsetzung 3. Umschlagseite

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie
der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax,
Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pflaffe

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond I

Dr. E. HANTZSCHE

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Gesamtheit der Flugbahnen von der Erde zum Mond, und zwar einen qualitativ vollständigen Überblick im Rahmen einiger spezieller Voraussetzungen und Vereinfachungen, die unumgänglich sind, wenn das Problem nicht zu umfangreich werden soll.

Schwierigkeiten der Problemstellung

Bekanntlich sind die möglichen Flugbahnen einer Raumsonde im Erde-Mond-Bereich außerordentlich vielgestaltig. Obwohl die klassischen Gesetze der Newtonschen Mechanik zusammen mit den Anfangsbedingungen den Verlauf solcher Bahnen vollständig festlegen, ist ihre tatsächliche Berechnung ein äußerst mühevolleres Unternehmen, wenn man keinen schnellarbeitenden elektronischen Computer zur Verfügung hat. Denn leider zeigt es sich (vgl. [1]), daß trotz der Einfachheit der Ausgangsgleichungen nur das „Zweikörperproblem“, bei dem lediglich zwei Massen im Spiele sind, durch einfache Formeln (in geschlossener Form) lösbar ist.

Schon bei der Wechselwirkung zwischen drei Massen („Dreikörperproblem“) geht das im allgemeinen nicht mehr, und in unserem Falle sind mindestens drei Massen zu berücksichtigen: außer der Raumsonde selbst die Erde und der Mond; dazu kommt noch die Sonne, deren Einfluß keineswegs vernachlässigt werden darf, wenn man auf große Genauigkeit Wert legt. Schließlich ist auch die Abweichung der Erde und des Mondes von der Kugelgestalt zu beachten, durch welche die Gravitationsfelder dieser beiden Weltkörper ihre sphärische Symmetrie verlieren.

Bei einer exakten Behandlung unseres Problems bleibt deshalb nichts anderes übrig, als die Bahn numerisch in kleinen Schritten Punkt für Punkt zu berechnen, was natürlich einen großen Rechenaufwand mit sich bringt (lediglich durch Verwendung „oskulierender Bahnelemente“, wie in der allgemeinen Störungstheorie, kann man den Aufwand etwas reduzieren). Umso schwieriger ist es, wenn wir uns einen Überblick über alle möglichen Flugbahnen verschaffen wollen, denn dazu ist es notwendig, sehr viele solcher Bahnen zu berechnen.

Das Problem wird vereinfacht

Um trotzdem ohne allzugroßen Aufwand das vorgesehene Ziel zu erreichen, müssen wir das Problem erheblich vereinfachen. Dazu dient in erster Linie das Konzept der Wirkungssphäre (Einflußsphäre), wobei stets die Wirkung nur einer Masse — nämlich der wichtigsten im betreffenden Raumpunkt — auf die Raumsonde berücksichtigt wird, während die Wirkungen aller anderen Massen außer acht gelassen werden (siehe z. B. [1]). Damit reduzieren wir unser Problem auf eine Summe von Zweikörper-Wechselwirkungen, und es wird möglich, die Bahn der Sonde stückweise aus Kegelschnitten (Ellipsen, Hyperbeln) zusammenzusetzen.

Selbstverständlich können wir mit dieser groben Näherung keine numerisch exakten Resultate mehr erwarten. Unser Verfahren liefert im wesentlichen nur ein qualitativ richtiges Bild; die quantitativen Ergebnisse, die Zahlenwerte, die wir dabei ausrechnen, sind bestenfalls Approximationen, gute Annäherungen an die tatsächlichen Werte.

Diesem Modell entsprechend können wir bei jeder Bahn einer Mondsonde, die in die Wirkungssphäre des Mondes (mit einem Radius von etwa 60000 km) eindringt, drei Bahnabschnitte unterscheiden:

1. die primäre geozentrische Bahn (eine Ellipse oder Hyperbel, ein Brennpunkt liegt im Erdmittelpunkt) vor Erreichen der lunaren Wirkungssphäre,
2. die selenozentrische Bahn (eine Hyperbel, einer der Brennpunkte ist der Mondmittelpunkt) innerhalb der Wirkungssphäre des Mondes,
3. die sekundäre geozentrische Bahn (eine Ellipse oder Hyperbel, ein Brennpunkt ist der Erdmittelpunkt) nach Verlassen der lunaren Wirkungssphäre.

Der dritte Abschnitt der Bahn wird natürlich nur dann erreicht, wenn die Raumsonde den Mond während des zweiten Abschnittes nicht trifft.

Weitere Vereinfachungen

Der Verlauf des Fluges einer Raumsonde hängt nur von den „Anfangsbedingungen“ ab, d. h. von den Werten für Ort und Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt, mit dem wir unsere Rechnung beginnen. Das sind aber nicht weniger als sechs Zahlen, nämlich drei Orts- und drei Geschwindigkeitskoordinaten. Hinzu kommt noch die Abhängigkeit von der Stellung des Mondes, der Sonne und des Erdäquators zu diesem Anfangszeitpunkt.

Durch diese vielen Anfangsbedingungen ist unser Problem immer noch so unübersichtlich, daß wir zusätzliche Vereinfachungen bzw. Einschränkungen vereinbaren wollen, damit unsere Ergebnisse dann möglichst leicht zu diskutieren sind. Trotzdem soll das Modell so wirklichkeitsnah wie möglich bleiben und alle wesentlichen Zusammenhänge erkennbar machen.

Bisher hatten wir bereits folgende vereinfachende Annahmen zugrunde gelegt:

1. Verwendung des Wirkungssphären-Modells (d. h. Vernachlässigung der Störungen der geozentrischen Bahn durch den Mond und der Störungen der selenozentrischen Bahn durch die Erde), wobei wir noch speziell voraussetzen, daß
 2. die Wirkungssphäre des Mondes eine selenozentrische Kugel ist. Ferner bedingt das Konzept der Wirkungssphäre
 3. die völlige Vernachlässigung der Störungen durch die Sonne.
- Wir vereinfachen das Problem nun noch weiter durch die Vereinbarungen
4. Erde und Mond haben ein kugelsymmetrisches Gravitationsfeld (die Abweichungen von der Kugelform werden vernachlässigt),
 5. die Umlaufbahn des Mondes (und der Erde) um den gemeinsamen Schwerpunkt ist ein Kreis, die Umlaufgeschwindigkeit ist deshalb dem Betrage nach konstant,

6. die Flugbahn der Raumsonde liegt in der Ebene der Umlaufbahn des Mondes, und
7. der Start in diese Flugbahn zum Mond erfolgt aus einer geozentrischen kreisförmigen Parkbahn, und zwar genau in Flugrichtung, also tangential.

Wegen der Annahme 6 beschränken wir uns also auf das „ebene“ Problem, und aus 7 folgt, daß das Perigäum der primären geozentrischen Bahn stets an der Stelle liegt, wo die Sonde durch einen Zusatzimpuls (mit einem Raketentriebwerk) aus der erdnahen Parkbahn in die Flugbahn zum Mond eintritt. Diese Bedingungen entsprechen den Verhältnissen, wie sie bei den meisten bisherigen Mondflugunternehmen ungefähr realisiert waren.

Anfangsbedingungen

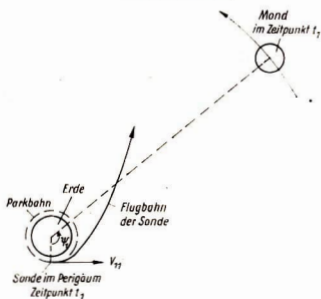
Als Anfangsbedingungen bleiben dann nur noch zwei Zahlen übrig:

1. Die Anfangsgeschwindigkeit v_{11} beim Eintritt in die Flugbahn zum Mond¹, die zugleich die Geschwindigkeit im Perigäum der primären geozentrischen Bahn ist.
2. Der Ort in der Parkbahn, an dem der Start in die Mondflugbahn erfolgt (TLI = Trans Lunar Injection), ein Winkel, für den wir zweckmäßigerweise den geozentrischen Winkel φ_1 zwischen dem Startpunkt und dem gleichzeitigen Ort des Mondmittelpunktes wählen (Abb. 1a), denn der Bahnverlauf hängt nur von dieser Winkeldifferenz ab.

¹ Da die Rechnung und die Bezeichnung der Variablen nicht explizit dargestellt wird (s. u.), soll wenigstens die Herkunft der Indizes bei den Geschwindigkeiten erläutert werden: der erste Index ist 1 bei geozentrischen, 2 bei selenozentrischen Geschwindigkeiten, der zweite Index bezieht sich auf wichtige Geschwindigkeitswerte (Perigäum bzw. Periselenum, Grenze der Wirkungssphäre) in der zeitlichen Reihenfolge ihres Auftretens. Analoges gilt für andere Variable, z. B. für die Abstände r .

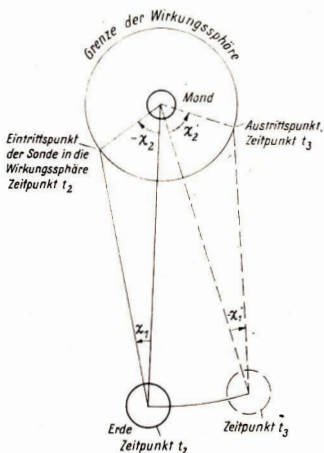
Wir können nun die Eigenschaften und Parameter der Bahnen als Funktion dieser beiden Variablen v_{11} und ψ_1 beschreiben.

Abb. 1: Koordinaten (schematisch)



a) oben. Anfangswerte: Startgeschwindigkeit v_{11} und Startwinkel ψ_1 (geozentrisch).

b) rechts. Definition der Winkel χ für den Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes bzw. den Austritt aus dieser Sphäre (selenozentrisch).



Einige Bemerkungen zur Rechnung

Als mathematische Hilfsmittel brauchen wir lediglich die bekannten Ergebnisse der Theorie des Zweikörperproblems, nämlich die Bahngleichung (Kegelschnitt in Polarkoordinaten, 1. Keplersches Gesetz), Gleichungen für die beiden Geschwindigkeitskomponenten in radialer bzw. azimuthaler Richtung (aus dem 2. und 3. Keplerschen Gesetz) sowie eine daraus durch Integration gewonnene Beziehung für den zeitlichen Verlauf der Bewegung, ferner noch einfache Transformationsgleichungen für die Geschwindigkeiten beim Übergang von der geozentrischen zur selenozentrischen Bahn und umgekehrt an der Grenze der Wirkungssphäre des Mondes.

Für zahlreiche Kombinationen der beiden Anfangswerte wurden die Bahnelemente und andere Parameter in allen drei Flugabschnitten mit einem Computer E 300 berechnet, wobei die Dichte und die Ausdehnung des Gitters der Anfangswerte in der v_{11} - ψ_1 -Ebene so gewählt wurden, daß ein vollständiger Überblick über die Abhängigkeit der Bahn von den Anfangswerten gewonnen werden konnte und Interpolationen zwischen den Parametern benachbarter Bahnen möglich waren. Aus den umfangreichen numerischen Ergebnissen soll hier einiges dargestellt werden, was m. E. von besonderem Interesse ist und eine Vorstellung von den (ohne „künstliche“ Bahnänderungen!) erreichbaren Flugbahnen vermittelt.

Zu erwähnen sind noch die Werte für einige Konstanten, die in der Rechnung verwendet wurden:

Entfernung Erdmittelpunkt-Mondmittelpunkt:

$$R = 3,844 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Radius der Wirkungssphäre des Mondes:

$$R_w = 6,31 \cdot 10^4 \text{ km}$$

Perigäum der primären Bahn:

$$r_{11} = 6,55 \cdot 10^3 \text{ km}$$

(d. h. Bahnhöhe der Parkbahn:

$$h_1 = 180 \text{ km})$$

Gravitationskonstante der Erde:

$$GM_1 = 3,986 \cdot 10^8 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$$

Gravitationskonstante des Mondes:

$$GM_2 = 4,903 \cdot 10^3 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$$

Relativgeschwindigkeit zwischen Erde und Mond:

$$V = 1,023 \text{ km s}^{-1}$$

Diese Zahlen sind z. T. etwas abgerundet.

Problem-Liste

Es gibt sehr viele Fragen, deren Beantwortung aufschlußreich und wünschenswert ist, die auf einen Einblick in die Zusammenhänge zwischen Ausgangswerten und Bahnverlauf beim Mondflug zielen und die man mit den erhaltenen Ergebnissen beantworten kann. Zum Beispiel:

- Welche Startbedingungen muß man einhalten, um den Mond zu treffen? Wie groß sind die Toleranzen?
- Welche Startbedingungen sind erforderlich, um den Mond rechtläufig oder rückläufig in bestimmtem Abstand zu umkreisen?
- Wie groß sind die Flugzeiten von der Erde zum Mond?
- Wie sieht die sekundäre geozentrische Bahn aus? Wann trifft sie die Erde, oder in welchem Abstand führt sie an der Erde vorbei?
- Wann ist die sekundäre Bahn elliptisch, wann hyperbolisch?
- Lassen sich alle möglichen Kombinationen von minimalem Mondabstand und minimalem Erdabstand der Bahn durch geeignete Wahl der Anfangsbedingungen erreichen?
- Gibt es solche Startbedingungen, daß die Bahn sowohl den Mond als auch die Erde streift?
- Unter welchen Bedingungen ist der selenozentrische bzw. der geozentrische Drehimpuls Null?
- Wie groß sind die maximalen selenozentrischen bzw. geozentrischen Geschwindigkeiten?
- Wie groß sind die Flugzeiten innerhalb der Wirkungssphäre des Mondes, und welche selenozentrischen Winkel legt die Sonde zurück?
- Unter welchen Bedingungen wird die Bahn vom Mond praktisch überhaupt nicht gestört?

Die erste geozentrische Bahn

In den drei Abb. 2a, b, c sind einige Parameter der Mondflugbahnen dargestellt, und zwar schrittweise in den drei Bahnabschnitten, entsprechend der zeitlichen Reihenfolge, in der sie durchlaufen werden.

Zur ursprünglichen (primären) geozentrischen Bahn ist nicht viel zu sagen. Abb. 2a zeigt, wie das Apogäum mit Zunahme der Anfangsgeschwindigkeit v_{11} anwächst, bis die Bahn schließlich hyperbolisch wird. Da vom Einfluß des Mondes dabei völlig abgesehen wird, ist diese primäre Bahn natürlich unabhängig vom Startwinkel φ_1 . Das Perigäum hat nach Voraussetzung stets den konstanten Wert $r_{11} = 6,55 \cdot 10^3$ km.

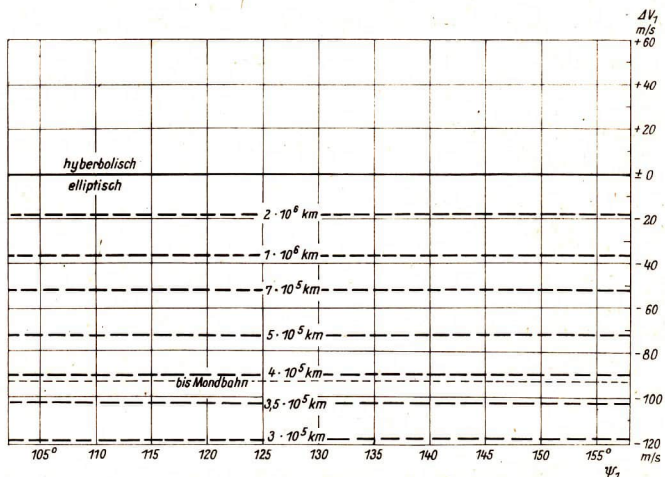
Die selenozentrische Bahn

In Abb. 2b ist bei den Bahnen, die in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten, der minimale Abstand vom Mond (Periselenum) als Parameter angegeben. Man erkennt, daß die Gesamtheit der Anfangswerte v_{11} und φ_1 , mit denen die Raumsonde in die Wirkungssphäre des Mondes gelangt, einen breiten, gekrümmten Bereich in der v_{11} - φ_1 -Ebene bildet. Innerhalb dieser breiten Zone gibt es einen schmalen Streifen, der jene Bahnen enthält, die den Mond treffen. Rechts (bzw. unterhalb) der Mittellinie dieses Streifens fliegt die Raumsonde rechtläufig um den Mond, links (bzw. oberhalb) dagegen rückläufig. Rechtläufige Mondumkreisungen erfordern deshalb große Startwinkel oder kleine Startgeschwindigkeiten, rückläufige erfordern kleine Startwinkel bei nicht zu niedrigen Startgeschwindigkeiten. Wenn die Sonde allerdings in eine Mondsatellitenbahn eintreten soll, muß sie „künstlich“ (durch ein Triebwerk) im Periselenum etwas abgebremst werden, da die selenozentrische Bahn stets hyperbolisch ist.

Die zweite geozentrische Bahn

In Abb. 2c sind schließlich auch Parameter der sekundären geozentrischen Bahn eingezeichnet, die sich natürlich nur dann von der primären Bahn unterscheidet, wenn die Sonde die Wirkungssphäre des Mondes nicht verfehlt hat. Dabei sind wieder Kurven konstanten Perigäums (ausgezogene Linien) und konstanten Apogäums (gestrichelt) eingetragen. Man erkennt, daß die sekundäre geozentrische Bahn offenbar je nach Wahl der Anfangsbedingungen v_{11} und φ_1 sehr unterschiedlich ausfällt: sie kann die Erde treffen oder weit an ihr vorbeiführen, sie kann elliptisch oder hyperbolisch sein, sie kann rechtläufig oder rückläufig werden. Wie die Abb. zeigt, wird bei großen Startwinkeln φ_1 (rechts vom Streifen der Mond-Auftreffbahnen) Perigäum und Apogäum angehoben, bei kleinen Mondabständen im Periselenum wird die sekundäre Bahn hyperbolisch. Kleine Startwinkel φ_1 (links von der

Abb. 2: Mondflugbahnen als Funktion der Anfangsgeschwindigkeit v_{11} und des Startwinkels ψ_1 (mit $\Delta v_1 = v_{11} - v_p$, wobei v_p die parabolische Geschwindigkeit ist).



a) Erste geozentrische Bahn.

Gestrichelt: Geraden konstanten Apogäums (r_{m1}); Perigäum stets $r_{11} = 6,55 \cdot 10^3$ km.

Mittellinie) führen dagegen gewöhnlich zu einer Absenkung von Perigäum und Apogäum, so daß die Bahn meistens die Erde trifft. Hier liegt aber auch der Bereich der rückläufigen geozentrischen Bahnen, deren Perigäum teilweise — nämlich bei fast streifender Passage des Mondes — wieder stark ansteigen kann.

Versuch einer Bahntypen-Symbolik

Wenn wir die in den drei Abb. 2 einzeln dargestellten Bahnverläufe zusammenzufassen versuchen, erhalten wir Abb. 3, wo die Bereiche der verschiedenen Bahntypen in der v_1 - ψ_1 -Ebene eingezeichnet sind. Um die einzelnen Typen angesichts der Vielfalt der Möglichkeiten ohne lange Erläuterungen kennzeichnen und unterscheiden zu können, ist es zweckmäßig, eine geeignete Sprachregelung, eine Symbolik einzuführen, und zwar wollen wir folgende Kurzbezeichnungen verwenden:

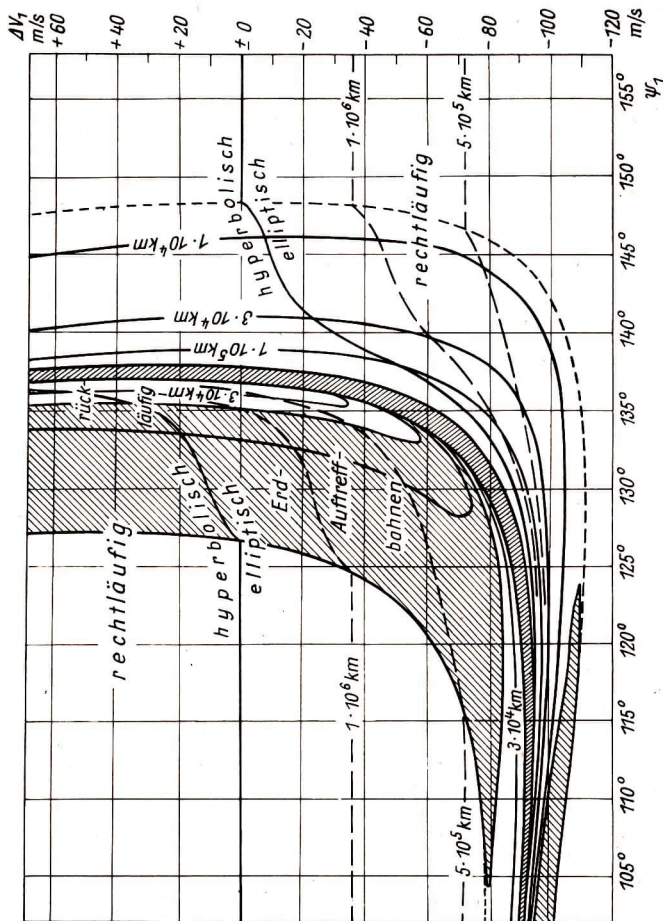
E und M bedeuten geozentrische bzw. selenozentrische Bahnen. + und — (Index oben) bedeuten rechtläufige (im positiven Sinn durchlaufende) bzw. rückläufige (im negativen Sinn durchlaufene) Bahnen, d. h. Bahnen mit positivem oder negativem Bahndrehimpuls bezüglich des Mondes oder der Erde.

e und h (Index unten) bedeuten elliptische bzw. hyperbolische Bahnen, d. h. Bahnen mit negativer bzw. positiver Gesamtenergie (bei der üblichen Festlegung des Nullpunkts), und zwar speziell geozentrische Bahnen: Da die selenozentrischen Bahnen stets hyperbolisch sind, braucht das nicht besonders vermerkt zu werden.

a (ascending) und d (descending) bedeuten den aufsteigenden bzw. absteigenden Ast der geozentrischen Bahn (die Raumsonde entfernt sich von der Erde bzw. nähert sich ihr). Diese Angabe bezieht sich sowohl auf den Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes, als auch auf den umgekehrten Übergang beim Verlassen der Wirkungssphäre, wobei sie nur für die geozentrische Bahn gilt, da die selenozentrische Bahn stets zunächst absteigend, dann wieder aufsteigend durchlaufen wird, was also

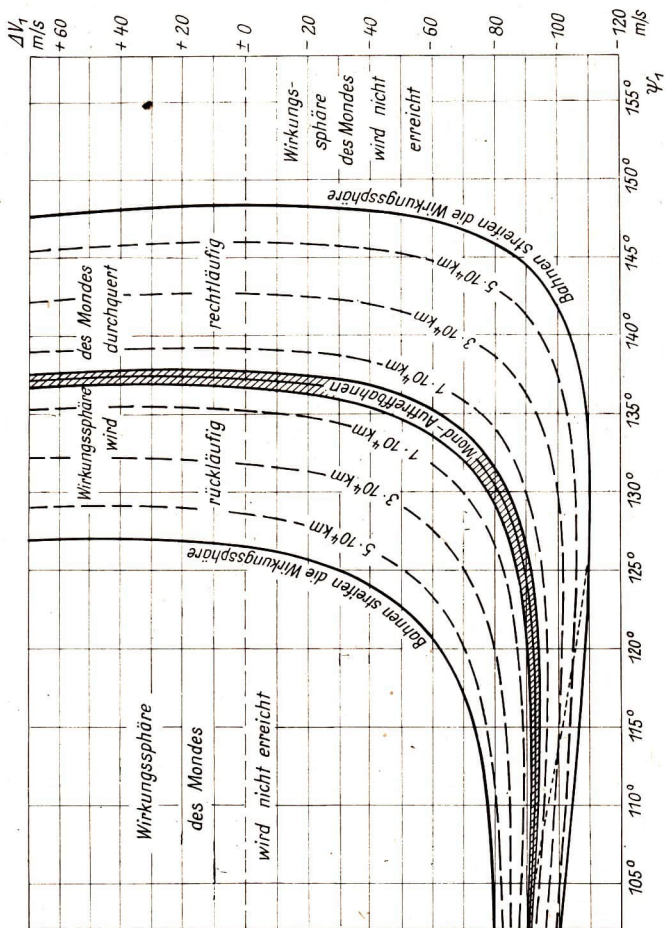
b) Selenozentrische Bahn.

Der Bereich der Anfangswerte, für die die Bahnen auf der Mondoberfläche enden, ist schraffiert. Gestrichelt: Kurven konstanten Periselenums (r_{p2}); punktiert: Grenze zwischen Bahnen, die die Wirkungssphäre des Mondes im aufsteigenden bzw. absteigenden Bahnast erreichen.



c) Zweite geozentrische Bahn.

Weite Schraffur: Bahnen, die auf der Erdoberfläche enden; enge Schraffur: Bahnen, die auf der Mondoberfläche enden. Punktirt: Grenzlinie für das Erreichen der Wirkungssphäre des Mondes. Ausgezogene Kurven: Linien konstanten Perigäums r_{14} ; gestrichelte Kurven: Linien konstanten Apogäums (r_{m2}).



nicht besonders gekennzeichnet zu werden braucht.
t bedeutet: Auftreffbahnen.

Sofern die Raumsonde die Wirkungssphäre des Mondes durchquert, werden diese Bezeichnungen der Reihe nach auf die primäre geozentrische Bahn, die selenozentrische Bahn und die sekundäre geozentrische Bahn angewandt, wobei die Buchstaben a oder d zugleich den geozentrischen Bahnabschnitt vom selenozentrischen trennen.

Die erste geozentrische Bahn ist dann E_c^+ oder E_h^+ , denn rückläufige Bahnen hatten wir ausgeschlossen. Wenn sich die Sonde unmittelbar im aufsteigenden Ast dem Mond nähert (das ist der praktisch wichtigste Fall, den wir hauptsächlich diskutieren), folgt darauf der Buchstabe a usw. Ein Beispiel: $E_a^+M-dE_c^+$ bedeutet, daß die rechtläufige durchlaufene erste geozentrische Bahn elliptisch ist; im aufsteigenden Ast tritt sie in die Wirkungssphäre des Mondes, wobei die selenozentrische Bahn rückläufig ist, d. h. der Mond wird nicht getroffen. Beim Austritt aus der lunaren Wirkungssphäre geht sie in den absteigenden Bahnast einer rückläufigen, elliptischen geozentrischen Bahn über, ohne dabei die Erde zu treffen.

Sekundäre Bahnen, die zwar die Erde schneiden, ohne daß die Sonde tatsächlich die Erdoberfläche erreicht (das ist nur bei hyperbolischen Bahnen möglich), sind mit (t) gekennzeichnet.

Einiges zur Systematik der Bahntypen

In Abb. 3 sind die Symbole für die verschiedenen Bahntypen eingetragen, abgesehen von einigen, die nur sehr kleine oder schmale Flächen in der $v_{11}-\psi_1$ -Ebene einnehmen.

Es zeigt sich, daß nicht alle denkbaren Kombinationen bei der sekundären geozentrischen Bahn verwirklicht werden können. Wenn man sich z. B. bei der primären Bahn auf Übergänge im aufsteigenden Bahnast beschränkt (also auf Bahnen vom Typ E_c^+a und E_h^+a), so sind einschließlich der Auftreffbahnen 68 verschiedene Bahnkombinationen a priori möglich, von denen jedoch tatsächlich nur 27 realisiert sind.

Im übrigen ist Abb. 3 leicht interpretierbar. Man sieht, daß die Größe der Flächen in der $v_{11}-\psi_1$ -Ebene für die einzelnen Bahntypen sehr unterschiedlich ist, d. h. der Spielraum der Anfangsbedingungen für das Erreichen eines bestimmten Bahntyps ist sehr verschieden. Für elliptische primäre Bahnen (E_c) liegen auf der M^+ -Seite, d. h. rechts von der Kurve, auf der der selenozentrische Drehimpuls verschwindet, die großen Bereiche aE_c^+ und aE_h^+ ; auf der M^- -Seite (links von dieser Mittellinie) befinden sich u. a. die Gebiete aE_c^+t , dE_c^+ , dE_h^+ und aE_c^-t . Bei hyperbolischen Anfangsbahnen (E_h) haben wir — abgesehen von Auftreffbahnen — nur aE_h^+ auf der M^+ -Seite, dagegen auf der M^- -Seite z. B. $aE_h^+(t)$, $aE_c^+(t)$, $aE_h^-(t)$ und $aE_c^-(t)$, wobei allerdings bei sehr großen Anfangsgeschwindigkeiten v_{11} nur noch $E_h^+(t)$ und schließlich E_h^+ übrigbleiben. Andererseits erscheint bei sehr kleinen Anfangsgeschwindigkeiten zunächst E_c^+ auf der M^+ -Seite der Mittellinie. Wie bereits erwähnt, ist die Vielfalt der Bahnen bei negativem selenozentrischen Bahndrehimpuls (M^-) wesentlich größer als bei positivem Drehimpuls (M^+): Im ersteren Falle gibt es 20 verschiedene Bahntypen, im letzteren nur sieben. Nicht erwähnt wurden bisher die Bahnen, die erst im absteigenden Ast in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten (E_d -Bahnen). Bei ihnen erstreckt sich der Anfangswertebereich für den Eintritt als ein schmaler werdender Streifen nach kleinen Winkeln ψ_1 . In Abb. 3 ist der Anfang dieses Streifens links unten zu erkennen.

Ein Beispiel

Untersuchen wir noch an einem Beispiel, wie die Bahn vom Startwinkel ψ_1 abhängt, wenn die Anfangsgeschwindigkeit konstant gehalten wird. Für sie wählen wir dabei genau 11 km/s, der Abstand zur parabolischen Geschwindigkeit beträgt $\Delta v_1 = -31,39$ m/s. Das Perigäum liegt, wie stets, bei $r_{11} = 6,55$ Tsd. km. Das negative Δv_1 bedeutet, daß die erste geozentrische Bahn elliptisch ist, wobei das (ungestörte) Apogäum bei 1,146 Mill. km liegt. Für $\psi_1 > 148,2^\circ$ trifft die Raumsonde die Wirkungssphäre des Mondes nicht, die Bahn wird vom Mond nur sehr geringfügig (nach unseren Modell-Voraussetzungen überhaupt nicht) beeinflusst, die Sonde bleibt in der primären geozentrischen Bahn. Bei $\psi_1 = 148,2^\circ$ streift sie die lunare Wirkungssphäre, und zwar bei einem selenozentrischen Eintrittswinkel von $\chi_2 = 49^\circ$ (vgl. Abb. 1b). Je weiter man ψ_1 verkleinert, desto mehr nähert sich die Raumsonde dem Mond, wobei sie ihn im rechtläufigen Sinne passiert. Bei $\psi_1 = 142,2^\circ$ beträgt die minimale Mondentfernung 30 Tsd. km, bei $138,6^\circ$ sinkt sie auf $r_{22} = 10$ Tsd. km. Gleichzeitig steigen durch den Einfluß der Mondgravitation sowohl das Perigäum wie das Apogäum der zweiten geozentrischen Bahn.

Fortsetzung folgt

Aufgaben und erste Ergebnisse der Planetensonden Mars 2, Mars 3 und Mariner 9

KARL-HEINZ NEUMANN

Den sowjetischen Sonden Mars 2 und 3 gelang eine intensive Erforschung des Mars. Bei den beiden einzigen vorher durchgeführten Marsmissionen, den Flügen von Mars 1 und von Sonde 2 brach die Funkverbindung vor dem Erreichen der Planetennähe ab.

Die während zweier früherer Startfenster durchgeführten amerikanischen Missionen Mariner 4 und Mariner 6 und 7 waren erfolgreicher. Mariner 4 hatte beim Vorbeiflug erste Bilder gesendet, die zeigten, daß auf dem Mars eine gewisse Kraterstruktur vorhanden ist. Von Mariner 6 und 7 wurde eine größere Anzahl von Bildern sowohl aus der Äquatorgegend wie aus den Südpolargebieten gewonnen. Diese Bilder zeigten bereits viele Details und man konnte erkennen, daß Gebiete mit großer, aber auch solche mit geringerer Kraterhäufigkeit vorhanden sind. Auch eine Reihe anderer Informationen, über die in dieser Zeitschrift bereits berichtet wurde, konnten übermittelt werden.

Für das Startfenster 1971 hatten die USA zwei Marssonden — Mariner 8 und 9 — vorbereitet. Für beide war der Einflug in eine Marsatellitenbahn vorgesehen. Der Start von Mariner 8 (am 9. 5. 1971) gelang nicht, da die Centaur-Stufe der Atlas-Rakete versagte; das Gerät stürzte in den Atlantik. Mariner 9 erreichte am 30. Mai 1971 seine Flugbahn.

In der Zielstellung der sowjetischen Sonden Mars 2 und 3 war bei beiden — verglichen mit den amerikanischen Unternehmungen — bereits ein zusätzlicher Schritt geplant. Es sollten sowohl Landebehälter auf der Marsoberfläche weiche aufsetzen und von dort Informationen liefern, als auch Marsatelliten geschaffen werden. Eine solche technische Lösung war möglich, weil für diese Unternehmungen eine bedeutend leistungsstärkere Rakete (Proton) als sie bisher für die Venus-Flugkörper eingesetzt wurde, Verwendung finden konnte. Die Masse der beiden sowjetischen Marsflugkörper übertraf die von Mariner 9 um das fast Fünffache. Sie betrug für jeden Flugkörper 4650 kg.

Mars 2 startete am 19. Mai 1971, um 16 Uhr, 22 Minuten, 49 Sekunden WZ. Nach dem Erreichen einer Erdumlaufbahn gelangte diese Sonde auf die interplanetare Flugbahn. Mars 3 startete am 28. Mai 1971, um 15 Uhr, 26 Minuten, 30 Sekunden WZ. Auch sie erreichte aus der Erdumlaufbahn ihre Marsflugbahn. Nach der Trennung von der letzten Raketenstufe waren beide Raumflugkörper so ausgerichtet worden, daß die Solarzellenflächen ständig maximal vom Sonnenlicht bestrahlt wurden. Während des weiteren Flugverlaufs fanden in regelmäßigen Abständen Funkverbindungen statt. Sie dienten der Vermessung der Flugbahn, der Überprüfung des Zustandes aller Bordsysteme und der Übermittlung von gespeicherten wissenschaftlichen Informationen.

Während des Fluges zum Mars wurden bei beiden Sonden je drei Bahnkorrekturen ausgeführt. Die dritte Bahnkorrektur fand jeweils kurz vor dem Abtrennen des Landekörpers der Sonde statt. Bei Mars 2 erfolgte die Abtrennung der Landekapsel am 27. November 1971, gegen 15 Uhr, 50 Minuten WZ. Die Landekapsel erreichte den Mars am gleichen Tage um 20 Uhr, 22 Minuten WZ, die Koordinaten des Aufschlagpunktes lagen bei 45 Grad südlicher Breite und 58 Grad östlicher Länge, also im Gebiet von Hellas auf der Marsoberfläche. Eine weiche Landung gelang mit der Landekapsel von Mars 2 nicht.

Ebenfalls kurz nach der dritten Bahnkorrektur erfolgte am 2. Dezember 1971, um 9 Uhr, 14 Minuten WZ, die Abtrennung der Landekapsel von Mars 3. 15 Minuten nach der Abtrennung, nachdem die Landekapsel um 180 Grad gedreht worden war, schaltete sich das Triebwerk des Landeteils ein und sorgte für das Erreichen der vorgesehenen Eintauchbahn in die Marsatmosphäre. Danach wurde der Landebehälter wiederum um 180 Grad gedreht, damit der Hitzeschild beim Eintauchvorgang in die Marsatmosphäre in der Bewegungsrichtung voranflög. Zur Trennung von dem übrigen Teil der Marssonde war das Triebwerk übrigens zum ersten Mal eingesetzt worden. Vom Abtrennvorgang an dauerte es noch $4\frac{1}{2}$ Stunden bis zum Eintritt in die wirksamen Schichten der Marsatmosphäre (13 Uhr, 54 Minuten WZ). Der Eintauchwinkel kam dem vorausgerechneten nahe. Es begann die aerodynamische Abbremsung. Durch die Form des Hitzeschildes war eine stabile Lage während dieser Abbremsung gesichert. Der Flug bis zum Erreichen der Marsoberfläche dauerte nur wenig mehr als 3 Minuten.

Am Ende der Wirksamkeit der aerodynamischen Abbremsung wurde auf Befehl eines Beschleunigungsmessers noch bei Überschallgeschwindigkeit durch ein Feststofftriebwerk der erste Stabilisierungsschirm ausgeworfen. Nachdem er seine Funktion erfüllt hatte, wurde er ebenfalls durch ein Feststofftriebwerk getrennt. Ein weiteres Triebwerk warf kurz danach den Hauptschirmschild aus, dessen Mittelteil zunächst noch zusammengefallen blieb. Als etwa Schallgeschwindigkeit erreicht wurde, sorgte eine Zeitprogrammanlage dafür, daß sich auch das Kappenmittelteil des Hauptschirmschildes voll entfaltete. Durch kleine Sprengsätze erfolgte der Abwurf des Hitzeschildes. Ein Radarhöhenmesser übernahm die weitere Steuerung des Landevorganges. In etwa 30 Meter Höhe wurde durch ein Feststofftriebwerk der Hauptschirmschild abgetrennt. In 20 Meter Höhe schalteten sich ebenfalls auf Befehl des Radarhöhenmessers die Brennstoffwerke für die weiche Landung ein, die um 13 Uhr, 47 Minuten, 05 Sekunden WZ erfolgte. Durch ein Zeitschaltwerk wurde der Landebehälter um 13 Uhr, 48 Minuten, 35 Sekunden WZ in einen arbeitsfähigen Zustand versetzt. Um 13 Uhr, 50 Minuten, 35 Sekunden WZ begann die Übertragung des ersten Panorambildes an die inzwischen in eine Satellitenbahn gelangte Reststation von Mars 3. Um 13 Uhr, 50 Uhr, 55 Sekunden WZ brach die Funkverbindung zum Landebehälter ab. Die Bildsignale waren vom Satellitenteil von Mars 3 in beiden Speichereinrichtungen aufgezeichnet worden. Bei der später erfolgten Funkverbindung wurde dieses erste und einzige Bild zur Erde übertragen. Es zeigt allerdings weder Kontraste noch Einzelheiten.

Der Grund, warum die Funkverbindung mit dem weich gelandeten Behälter von Mars 3 abbrach, konnte bisher noch nicht ermittelt werden. Sowjetische Wissenschaftler halten es für möglich, daß dieser Landebehälter in dem äußerst losen und feinkörnigen Oberflächenmaterial versunken ist.

Der Landeort des Behälters von Mars 3 liegt bei 45 Grad südlicher Breite und 158 Grad westlicher Länge. Es handelt sich hierbei um ein Gebiet zwischen den hellen Landschaften Phaetontis und Electra auf der Südhalbkugel des Mars. Später durchgeführte Untersuchungen dieses Gebietes (Fernsehbilder) zeigen hier eine relativ helle ebene Fläche, die wahrscheinlich aus einer meterdicken Schicht feinsten staubförmigen Materials besteht.

Sowohl der Restteil von Mars 2 als auch der von Mars 3 gelangten in eine Marsatellitenbahn, wo sie wissenschaftliche Arbeit leisteten. Der Satellitenteil von Mars 2 erreichte nach einer vorher durchgeführten Abbremsung am 27. November 1971, um 20 Uhr, 25 Minuten WZ, eine Marsatellitenbahn. Die areozentrische Bahn hatte anfänglich eine Bahnneigung von 48,9 Grad, die Umlaufzeit von Mars 2 betrug 1078 Minuten, die marsnächste Entfernung 1380 km, die weiteste 25000 km.

Die Masse des in der Marsumlaufbahn befindlichen Teils beträgt 2,5 Tonnen. Der Satellitenteil von Mars 3 erreichte ebenfalls nach einer Abbremsung am 2. Dezember 1971, um 13 Uhr, 45 Minuten WZ eine Marsumlaufbahn. Die anfänglichen Bahnelemente betrugen 48,9 Grad Bahnneigung, Umlaufzeit 15840 Minuten, marsnächste Entfernung 1500 km, weiteste 190700 km.

Wie schon aus den Beschreibungen des Landevorgangs ersichtlich ist, erfolgten alle Manöver bei Mars 2 und 3 nicht durch Bodenkommandos, sondern durch autonome automatische Systeme an Bord dieser beiden Raumflugkörper.

Die beiden sowjetischen Marssonden sind im Prinzip analog konstruiert. Sie bestehen aus folgenden Hauptteilen: dem Geräteteil, dem Treibstofftank, der Triebwerksanlage, kleineren Korrekturtriebwerken, automatischen Steuerungsanlagen, den Flächen mit den Solarzellen, den verschiedenen Antennensystemen und den Kühlrippen des aktiven Wärmeregulierungssystems.

Die wichtigsten Teile des Bordsystems für den Flug im interplanetaren Raum und in der Marsatellitenbahn sind im Geräteteil untergebracht. Durch besondere Abdeckungen werden vor allem die elektronischen Bauelemente gegen die Einwirkung der kosmischen Strahlung geschützt. Hier befinden sich ferner die optischen und elektronischen Geräte für die Orientierung nach der Sonne, der Erde und den Sternen, also das gesamte System der autonomen Navigation, sowie die wissenschaftlichen Geräte für die verschiedensten Forschungen.

Das Hauptträgerelement sind die Treibstoffbehälter des Raumflugkörpers. Darunter befindet sich das Triebwerk, oben ist eine Befestigung für das Landeteil vorhanden. An den Tanks sind außerdem die Solarzellenflächen angebracht. Auch die Parabolantennen sowie die Antennen mit mittlerer Richtcharakteristik sind an den Treibstoffbehältern befestigt. An einem der Träger der Solarzellenflächen befinden sich die Kühlrippen des Wärmeregulierungssystems.

Ein Teil der wissenschaftlichen Geräte, speziell jene, die der Sonnenforschung dienen, sind an den Solarzellenflächen angebracht. Außerdem tragen die Solarzellenflächen noch zwei Antennen für die Funkverbindung zwischen dem Marsatelliten und dem Landeteil, ferner die Antenne für das sowjetisch-französische Experiment Stereo. Kleinere Kaltgasdüsen für die Lageänderung und Lagestabilisierung sind sowohl an dem Mittelteil als auch an den Solarzellenflächen befestigt.

Das Steuerungssystem besteht aus den Orientierungsgeräten und einer kreiselstabilisierten Plattform für die autonome Feststellung der räumlichen Lage. Die Informationen werden von einem Digitalrechner erarbeitet. Das Orientierungssystem tritt bereits nach der Trennung der letzten Raketenstufe in Tätigkeit. Die optischen und elektronischen Geräte bestimmen die räumliche Lage des Flugkörpers relativ zur Sonne. Mit Hilfe von Kaltgasdüsen erfolgt als erstes eine Ausrichtung der Solarzellen nach der Sonne, um eine maximale Stromversorgung zu garantieren. Bei größerem Erdbestand arbeitet das optische Orientierungssystem mit der Sonne und dem Stern Canopus als Bezugspunkten. Damit wird erreicht, daß die Parabolantenne während des gesamten weiteren Fluges in Richtung Erde ausgerichtet bleibt. Nach sowjetischen Quellen wurde dieses Verfahren der ständigen räumlichen Stabilisierung und Ausrichtung erstmalig bei den Flügen der Sonden Mars 2 und 3 angewandt. Das autonome Steuerungssystem sorgte auch bei den notwendigen Bahnkorrekturen während des Fluges für die richtige räumliche Ausrichtung des Raumflugkörpers. Bei den ersten beiden Bahnkorrekturen wurden von der Bodenstation die Angaben über die Größe und räumliche Richtung des notwendigen Schubimpulses dem Bordrechner übermittelt. Der Rechner erhielt von der kreiselstabilisierten Plattform sowie von den optischen Gebern Angaben über die räumliche Lage des Flugkörpers. Er verarbeitete diese Daten und gab zunächst den Kaltgasdüsen entsprechende Befehle zur räumlichen Ausrichtung der Station. Auch das Ein- und Ausschalten des Triebwerks erfolgte dann nicht direkt von der Erde aus, sondern durch Befehle des Bordrechners.

Beim Anflug an den Zielpunkten war es notwendig, sowohl die räumliche Lage, die Lage bezüglich des Planeten als auch die Entfernung zu bestimmen. Diese Messungen konnten Bodenstationen nicht vornehmen. Deshalb arbeiteten auch hier die Steuerungsgeräte autonom. Die optischen und elektronischen Geber des Steuerungskomplexes bestimmen die Stellung und den Abstand des Raumflugkörpers relativ zum Mars. Die Meßwerte wurden zur Weiterverarbeitung wiederum dem bord-eigenen Rechner eingegeben. Er berechnete die notwendige räumliche Lage und den Zeitpunkt für das Abtrennen der Landekapsel und danach die notwendige räumliche Lage und den Zeitpunkt bzw. auch die Zeitdauer des Bremsimpulses für den Einflug in die vorgesehene Marsumlaufbahn.

Die Manöver das abgetrennten Landeteils erfolgten durch ein dort installiertes bord-eigenes autonomes Steuerungssystem. Dieses sorgte dafür, daß durch Bremsimpulse das Eintauchen in die Marsatmosphäre unter dem vorher berechneten Winkel erfolgte.

Die Marsatelliten waren über zwei Funkkanäle sowohl während des Hinfluges als auch während ihrer Arbeit in der Marsatellitenbahn mit der Erde verbunden. Der schmalbandige Kanal diente hauptsächlich der Ausführung der Bahnkorrekturen und der Übertragung von Informationen über die Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Bordsysteme. Gesendet wurde hierbei im Dezimeterwellenbereich. Die breitbandige Funkverbindung arbeitete im Zentimeterwellenbereich. Damit war die Übertragung von Bildern und Meßwerten der wissenschaftlichen Geräte aus der Marsatellitenbahn möglich. Der Informationsinhalt dieser Sendungen auf dem breitbandigen Kanal übertraf die des schmalbandigen Kanals um ein Vielfaches. Die Verbindung im Dezimeterwellenbereich erfolgte meist über die Antennen mit mittlerer Richtcharakteristik (auch aus der Marsatellitenbahn). Für die Zentimeterwellenübertragung wurde die Parabolantenne eingesetzt, die in der Marsatellitenbahn nicht ständig auf die Erde ausgerichtet sein konnte. Die Marsatelliten besaßen deshalb Speichergeräte, um Meßwerte, die während eines Umlaufs gewonnen wurden, für die Übertragung zur Erde sicherzustellen.

Die Hauptstromquelle bestand aus Solarzellen. Durch sie wurden Pufferbatterien aufgeladen. Die Landegeräte hatten autonome Pufferbatterien, die vor der Abtrennung aufgeladen wurden. Während der Funkverbindungen arbeiteten die Sendeanlagen mit dem Strom, der aus den Solarzellen kam, während alle Bordgeräte in dieser Zeit von den Pufferbatterien gespeist wurden.

Das Wärmeregulierungssystem sorgte dafür, daß innerhalb der Gerätesektion und der gesamten Ausrüstung die Temperaturen in vorgegebenen Grenzen blieben. Zu diesem System gehört eine Wärmeisolierung, die unter Vakuumbedingungen wirksam ist. Des weiteren gehören dazu auch bestimmte Präparierungen der Außenflächen, je nachdem ob sie im Sonnenlicht oder im Schatten lagen. Hinzu kommt das schon erwähnte aktive Wärmeregulierungssystem. Es besteht aus den Kühlrippen bzw. Erwärmungsrippen auf der sonnenzugewandten Seite. Das Füllgas der Instrumentenbehälter wurde durch Ventilatoren ständig in Bewegung gehalten und je nach Bedarf durch die Erwärmungs- bzw. Kühlrippen hindurch geleitet. Damit war es möglich, im Inneren des Gerätebehälters eine Temperatur aufrecht zu erhalten, unter der alle Systeme normal arbeiten konnten.

Die Landebehälter besaßen Wärmeisolationsschichten, Strahlungsheizkörper, deren Oberfläche automatisch verändert werden konnte, sowie elektrische Heizkörper, die nach Bedarf eingesetzt wurden. Die Landebehälter bestehen aus dem eigentlichen Landekörper, der etwa kugelförmige Gestalt hat und von dem nach dem Aufsetzen auf der Marsoberfläche — ähnlich wie bei Luna 9 und 13 — apfelsinenschalenartig eine Oberflächenschicht abgeklappt wird. Für die aerodynamische Abbremsung ist dieser Körper durch einen rotationshyperbolisch geformten Hitzeschild geschützt. In Form eines Ringes im oberen Drittel sind der Stabilisierungs- und der Hauptfallschirm untergebracht. Darüber befindet sich das Steuerungs-

system für den Abstiegsvorgang sowie das wiederzündbare Triebwerk für das Erreichen der notwendigen Eintauchbahn in die Marsatmosphäre. Ferner sind ein Funkhöhenmesser sowie Kaltgasdüsen für räumliche Lageänderungen am Beginn der Landephase vorhanden. Auf die Marsoberfläche gelangte jeweils nur der kugelförmige eigentliche Landebehälter. Nach dem Aufsetzen wurde die obere Kugelkassette abgesprengt, wodurch die Meßinstrumentenfühler sowie die Antennen für die Funkverbindung mit dem Marsatelliten freigelegt wurden. Nach der Trennung vom eigentlichen Raumfluggerät arbeitete die Steuerungsanlage des Landegerätes voll autonom.

Vor dem Start der Marssonden wurden die gesamten Geräte – speziell dieses Landeteils – sterilisiert, damit keinerlei Mikroorganismen von der Erde auf den Mars gebracht werden konnten.

Der Hitzeschutzschild des Landekörpers hat einen Durchmesser von 2,7 Metern. Der Durchmesser des kugelförmigen Landekörpers beträgt 1,2 Meter. Die Spannweite der gesamten Raumstation über die Solarzellenflächen beträgt 5,4 Meter. Die Station einschließlich des Landekörpers hat eine Gesamtlänge von 3,95 Metern.

In den beiden Marsatelliten waren installiert:

Je zwei Fernsehkameras, eine Weitwinkelkamera für großräumige Bilder der Oberfläche und eine parallelangeordnete Kamera mit einem Teleskopobjektiv für Detailaufnahmen aus den Übersichtsbildern. – Zwei Radioneter arbeiteten im Infrarotgebiet. Eines davon diente der Messung der Temperatur der sichtbaren Oberfläche im Bereich von – 100 und 0 Grad Celsius. Zur Kalibrierung dieses Instrumentes war ein weiteres Infrarotradioneter vorhanden, welches auf den Nachthimmel gerichtet war. Das zweite Infrarotradioneter diente durch Auswahl einer bestimmten Wellenlänge der Bestimmung des Wasserdampfgehaltes des unterhalb des Radioneters gelegenen Gebietes. – Vier Photometer, die im Ultraviolettstrahlungsbereich arbeiteten. Mit ihrer Hilfe konnten untersucht werden: 1. die lokale Luftdichte über verschiedenen Punkten der Marsoberfläche, 2. ließen sich lokale Ozonkonzentrationen feststellen, 3. ließ sich die Zusammensetzung und Struktur der Hochatmosphäre aus diesen Meßwerten ableiten, 4. konnte die chemische Zusammensetzung der Ionosphäre bestimmt werden. Die vier UV-Photometer arbeiteten auf ganz speziell ausgewählten engen Spektralbereichen. – Eine Ionenfalle, die sowohl während des Fluges zum Mars als auch in der Marsatellitenbahn in Tätigkeit war. Mit ihr ließ sich z. B. die Wasserstoffkorona des Mars nachweisen. – Ein Spektrometer zur Messung der Kohlendioxidmenge an der Horizontlinie des Planeten. Damit wird auch gleichzeitig eine Information über das Oberflächenrelief gegeben. – Ein Gerät zur Messung der Intensität der kosmischen Strahlung. Diese Apparatur war sowohl während des Fluges zum Mars als auch in der Marsatellitenbahn tätig. – Ein Magnetometer zur Bestimmung des interplanetaren Magnetfeldes bzw. des Marsmagnetfeldes. – Ein Radioteleskop, welches im Wellenlängenbereich von 3,4 cm arbeitete. Mit diesem Instrument war es möglich, die Elektrizitätskonstanten sowie die Oberflächen-temperatur und die Temperatur in einem Bereich bis zu etwa 30 bis 50 cm Tiefe unter der Marsoberfläche zu bestimmen.

Die Landebehälter haben folgende Instrumentierung:

Eine Panoramakamera zur Übertragung von Bildern der Umgebung des Landeortes. Ein Instrument zur Messung des Atmosphärendruckes am Landeort. Ein Instrument zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung am Landeort. Ein Instrument zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit am Landeort. Eine Meßanlage zur chemischen Analyse der Zusammensetzung des Marsoberflächenmaterials. Ein Instrument zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit des Marsbodens am Landeort.

Die amerikanische Marssonde Mariner 9 startete am 30. Mai 1971, um 22 Uhr, 23 Minuten WZ, von Cape Kennedy mit einer Atlas-Centaur-Rakete. Die erste Bahnkorrektur erfolgte am 5. Juni 1971, wobei die Geschwindigkeit um 6,7 Meter pro Sekunde verändert wurde. Am 14. November 1971, gegen 00 Uhr, 30 Minuten, erreichte Mariner 9 seine Marsumlaufbahn. Die anfänglichen Werte der Umlaufbahn betragen: Umlaufzeit 754 Minuten, Bahnneigung 64,28 Grad, marsnächste Entfernung 1397 km, weiteste 17916 km.

Am 16. November 1971 wurde die erste Bahnkorrektur ausgeführt. Folgende Bahnelemente wurden angegeben:

Epochen = 1971, Nov. 16, 2^h50^m; $p = 718^{\circ}23$; $h_p = 1397$ km; $h_a = 17146$ km; $i = 64^{\circ}36$.

Eine zweite Bahnänderung erfolgte am 30. Dezember 1971:

$p = 719^{\circ}44$; $h_p = 1653$ km; $h_a = 16915$ km; $i = 64^{\circ}36$.

Die Ausrüstung dieses amerikanischen Marsatelliten bestand aus folgenden Instrumenten:

Eine Weitwinkelfernsehkamera, Brennweite 50 mm, Öffnungsverhältnis 1 : 4. Aufgenommenes Gebiet betrug etwa 15 Grad. – Einer Fernsehkamera mit Teleskopobjektiv, Brennweite 500 mm, Öffnungsverhältnis 1 : 2,35, aufgenommenes Feld $1,1 \times 1,4$ Grad. – Einem Ultraviolett-spektrometer zur Untersuchung des atmosphärischen Drucks über der Planetenoberfläche in der unteren Atmosphäre und Bestimmung von lokalen Ozonkonzentrationen. Dieses Instrument arbeitete im Wellenlängenbereich von 1450 bis 3500 Å. Dabei wurde jeweils die sichtbare Marsoberfläche zellenförmig abgetastet. – Einem Infrarotspektrometer ähnlich der Anlage von Nimbus 3 und 4. Dieses Gerät arbeitete im Wellenlängenbereich von 50 bis 6 Mikron. Auch hier wurde eine Abtastung vorgenommen, wobei die Auflösung im marsnächsten Punkt etwa 4,5 Grad im Zentrum des überflogenen Gebietes betrug. – Einem Infrarotradioneter; dieses Instrument arbeitete im Bereich von 8 bis 12 Mikron und von 18 bis 25 Mikron. Damit konnten sowohl wärmere Punkte als auch Veränderung im Albedo der Marsoberfläche festgestellt werden.

Im Gegensatz zu den sowjetischen Marssonden wurde hier der größte Teil der Manöver, so der Einflug in die Marsatellitenbahn als auch die Bahnkorrektur während des Fluges, durch Bodenstationen gesteuert. Das gleiche gilt für die Veränderungen der Umlaufbahn um den Mars.

Zur Zeit der Ankunft sowohl der amerikanischen Marssonde Mariner 9 als auch der beiden sowjetischen Marsatelliten wurde ein großer Teil der Oberfläche des Mars durch einen Staubsturm heimgesucht, weshalb die anfänglich übermittelten Bilder so gut wie keine Details der Oberflächenstruktur zeigten. Eigenartigerweise traten derart intensive Staubeinwirkungen der Marsatmosphäre bisher im wesentlichen immer nur bei den sogenannten großen Oppositionen des Mars auf. Bekannt sind sie aus den Jahren 1892, 1909, 1924, 1939 und 1956. Meist ließen diese Staubstürme schon nach zwei bis fünf Wochen nach der großen Opposition nach und die Details der Oberfläche wurden wieder klar sichtbar. Der Staubsturm des Jahres 1971, der bereits im September einsetzte, wies die bisher längste Zeitdauer auf, denn erst Mitte bis Ende Januar 1972 traten wieder die ersten „Aufklarungen“ in der Marsatmosphäre auf. Erst von diesem Zeitpunkt an konnten die sowjetischen Marssonden und Mariner 9 detaillierte Bilder der Oberfläche unseres Nachbarplaneten zur Erde übermitteln.

Trotz dieser anfänglichen „Störungen“ bei der Untersuchung der Oberfläche des Roten Planeten durch die drei Marsatelliten wurden doch relativ umfangreiche neue Informationen gewonnen (siehe Bildseiten, auch in Heft 3/72). Danach ist der Mars ein äußerst trockener Planet. Die festgestellten Wassermenge, verteilt auf die gesamte Planetenoberfläche, würde etwa die Stärke eines Menschenhaares entsprechen. Die höchsten am Äquator gemessenen Temperaturen lagen in der Mittagszeit nicht höher als – 15 Grad Celsius (möglicherweise durch den Einfluß der Staubstürme). Auf der Nachtseite wurden Stellen mit Temperaturdifferenzen von 20 bis 25 Grad gegenüber der Umgebung festgestellt (möglicherweise ein Ergebnis vulkanischer Erwärmung). Die Atmosphäre besteht aus 95 % Kohlendioxid, Stickstoff wurde nicht nachgewiesen. In 700 bis 1000 km Höhe ist Sauerstoff vorhanden, die Wasserstoffkorona reicht bis auf etwa 20000 km Abstand.

auf den Marsmonden haben Durchmesser von 5 km. Durch Einschläge von Meteoriten, die noch größere Krater hervorgerufen hätten, wären die Monde zerstört worden.

Aus den Mondaufnahmen ergeben sich folgende Ausdehnungen der Marsbegleiter:

Phobos: 25 ± 5 km (Ost-West-Richtung) und 21 ± 1 km (Nord-Süd-Richtung)
Deimos: 14 ± 2 km (Ost-West-Richtung) und 12 ± 1 km (Nord-Süd-Richtung)

Sm.

Mariner 9 hat bisher über 5000 Fotos vom Mars zur Erde übertragen. Aus ihnen ist zu entnehmen, daß die Marsoberfläche ausgetrocknet und wüstenähnlich ist und eher der Oberfläche unseres Mondes gleicht, als der Erdoberfläche. Täglich entweichen aus der Oberfläche bzw. der Atmosphäre des Mars 4000 kg Wasserstoff in den Weltraum. Wie schon früher festgestellt, können keine Flüsse oder andere Wasservorkommen auf der Marsoberfläche existieren, da deren Dichte zu gering ist. Wasservorkommen könnten nur unterhalb der Oberfläche oder in der Atmosphäre vorhanden sein.

M. BORK

Sonnenaktivität und Gesundheit

Bei verstärkter Sonnenaktivität mit Störungen des geomagnetischen Feldes der Erde nimmt die Zahl der Herzinfarkte und Gehirnschläge nachweisbar zu, wie die Nachrichtenagentur Nowosti aus statistischen Unterlagen von Krankenhäusern in Leningrad, Kiew, Vilnius, Stawropol und Swerdlowsk berichtet. Als beispielsweise die Sonnenaktivität 1968 einen Höhepunkt erreichte, stieg die Zahl der Herzinfarkte und Gehirnschläge rapide an.

„In Leningrad entfielen die meisten Infarkte auf fünf Tage Ende des Monats Januar 1968“, schreibt W. Jagodinski, Kandidat der medizinischen Wissenschaften in „Nedelja“ (Nr. 38/1971). Innerhalb dieser fünf Tage gab es nochmals einen Höhepunkt, der sich auf zwei Tage konzentrierte. Die Radiostrahlung der Sonne hatte an diesen beiden Tagen die 90fache Stärke ihres sonst beobachteten Strahlungswertes erreicht.

Ob dies die Ursache gehäufter Infarktfälle sei, könne nicht mit Sicherheit behauptet werden, heißt es in der Zeitschrift. Möglicherweise sei der registrierte, erhöhte Strahlungswert nur ein Signal für die Gefahr. Das aber sei auch schon Anlaß genug, nach Methoden zu suchen, um den Infarkten vorzubeugen. Wissenschaftler schlugen deshalb vor, infarktgefährdete Personen bei zu erwartenden extremen Sonnenaktivitäten in besonderen Schutzräumen unterzubringen.

Ein ähnlicher Zusammenhang bestehe zwischen Sonnenaktivität und Blutgerinnung. So vertritt die sowjetische Heliobiologin A. Platonowa die Ansicht, „daß in Jahren von Sonnenstörungen im Gerinnungssystem des Blutes Veränderungen auftreten, die Blutungen und die Bildung von Thrombosen begünstigen“. Andererseits sei aber zu diesen Zeiten auch eine höhere Gerinnungsfähigkeit des Blutes beobachtet worden.

Eine ausreichende Begründung, welche die Wechselwirkung zwischen Blutbildung und Sonneneinstrahlung erklären könnten, gäbe es noch nicht. Es sei aber durchaus möglich, daß die Radiostrahlung der Sonne damit in Zusammenhang stehe. Folglich seien die genaue Kenntnis und Vorhersage zu erwartender Aktivitätsausbrüche auf der Sonne von unmittelbarem Nutzen für die Medizin.

Radioteleskopanlage in der Wüste von New Mexiko geplant

Die amerikanische „National Science Foundation“ plant südwestlich von Albuquerque in der Wüste von New Mexiko die Errichtung einer riesigen Antennenanlage für radioastronomische Forschungen, mit der auf Grund der geographischen Lage auch weite Teile des Südhimmels erreichbar sind. Die Anlage soll aus drei sternförmig angeordneten Schlenkensträngen bestehen, von denen jeder eine Länge von 21 km hat. Auf jedem Strang sind neun Parabolspiegel von je 25 m Durchmesser angeordnet, die beliebig zu positionieren sind. Die Gesamtkosten werden mit 200 Mio DM (umgerechnet) veranschlagt. Mit der Inbetriebnahme wird 1976 gerechnet, mit dem Abschluß des vollständigen Ausbaus der gesamten Anlage 1982.

h-n

Nachrichtensatelliten für jedermann?

Ein Projekt für ein Breitband-Nachrichtenübertragungssystem der Zukunft, das aus einer Synthese von Nachrichtensatelliten und terrestrischen Übertragungsmedien besteht und unmittelbar für die Nutzung in der Konsumtionsphäre bestimmt ist, entwickelte Dr. Gross (General Electric) anlässlich der 1971 in San Francisco zu dem Thema „The Future of Broadband Communications and Satellites“ abgehaltenen Konferenz des Verbandes der amerikanischen Elektroindustrie EIA.

Das System soll zwei Nachrichtensatelliten, 200 regionale Satellitenempfangsstationen und knapp 15000 örtliche Unterstationen umfassen, an die etwa 80 Millionen amerikanische Haushalte durch Kabelnetze unmittelbar angeschlossen werden können. Jeder Teilnehmer hat über dieses System die Möglichkeit, zahlreiche Fernsehprogramme zu empfangen, zentrale Computerstationen und Datenbanken (etwa zu Informationszwecken) zu benutzen, an einer Vielzahl zentraler Lehrprogramme wahlweise teilzunehmen oder auch Briefe und sonstige Druckschriften als Faksimile an beliebige andere Teilnehmer zu senden oder sie von ihnen zu empfangen. Auch ein „Fernverkauf“ bei Einkaufszentren nach auf dem Bildschirm dargebotenen Warenvorführungen oder nach Katalog ist denkbar.

Die Kosten eines solchen universellen Kommunikationssystems „für jedermann“ werden für 1980 auf 35,5 Mrd Dollar geschätzt. Für den Anschluß müßte ein Teilnehmer je nach Umfang zwischen 100 und 5000 Dollar aufbringen. Die Monatsgebühren werden mit 8-9 Dollar veranschlagt.

Nach: ETZ (B), 23 (1971)19, S. 435

h-n

Ein Beobachter auf der Venus

Stellen wir uns die Verhältnisse auf der Venus vom Standpunkt eines sich auf ihrer Oberfläche befindenden Beobachters vor. Was würde er zur Erde übermitteln?

Von den Raumflugkörpern Venus 4, 5, 6 und 7 vorgenommenen Messungen haben gezeigt, daß die Venus von einer mächtigen heißen kohlenstoffsauren Atmosphäre umgeben ist. Die Temperatur an ihrer Oberfläche beträgt auf der Nachtseite,

dort, wo Venus 7 landete, etwa 500 °C (was fast der Temperatur der Rotglut entspricht!) und der Druck etwa 100 Atmosphären; er liegt also um das Hundertfache höher als auf der Erde und entspricht dem Druck in einer Meerestiefe von einem Kilometer. Diese Atmosphäre ist um das 60fache dichter als die Luft an der Erdoberfläche. Das führt zu vielen interessanten Besonderheiten, von denen der Beobachter berichtet könnte.

Tagsüber würde er kaum die Sonne sehen und nachts nicht den Sternenhimmel, weil die Venus völlig von dichten Wolken eingehüllt ist. Für Funkwellen im Zentimeterbereich sind die Wolken durchlässig, so daß die Radioastronomen die Besonderheiten der eigenen Radiostrahlung der Venus eingehend erforscht haben. Doch auch sie konnten nicht mit absoluter Sicherheit behaupten, die Oberfläche zu „sehen“, und daher nicht zu Schlussfolgerungen über die Verhältnisse auf dem Planeten gelangen.

Die Wolken und die dichte Atmosphäre müssen das Sonnenlicht erheblich abschwächen — die Helligkeit auf der Venusoberfläche müßte also gering sein. Sie entspricht wohl am wahrscheinlichsten unserer Dämmerung an einem wolkenverhangenen Tage. Auch die Sicht ist schlecht, weil die starke Zerstreuung des Lichts durch die Moleküle eines derart dichten Gases Bedingungen schaffen muß, die auf der Erde etwa bei Nebel herrschen. Wären aber die Sichtverhältnisse in der Venusatmosphäre günstig, würde ein Beobachter auf ihrer Oberfläche infolge der sehr starken Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre erstaunliche optische Effekte feststellen. Der Horizont würde ihm in allen Richtungen anzusteigen scheinen, so daß er das Gefühl hätte, am Boden einer gewaltigen Schale zu stehen.

Berechnungen zeigen, daß selbst in dem Falle, daß ein geringer Teil der Sonnenstrahlung die Oberfläche erreicht, das Kohlendioxidgas mit einer sehr geringfügigen Beimengung von Wasserdampf (der ebenfalls festgestellt wurde) die ausgehende Wärmestrahlung zurückhalten muß. Mit zunehmender Temperatur und mit steigendem Druck verstärkt sich dieser Effekt.

Wahrscheinlich sind die auf dem Planeten herrschenden Bedingungen das Ergebnis einer allmählichen Selbstwärmung und entsprechen heute einem Gleichgewichtszustand. Offensichtlich handelt es sich dabei nicht nur um ein Temperaturgleichgewicht, sondern auch um ein geochemisches Gleichgewicht.

Wodurch sind auf der Venus so hohe Temperaturen und ein so hoher Druck entstanden, und wodurch werden sie aufrechterhalten? Offensichtlich hat hierbei der Umstand eine entscheidende Rolle gespielt, daß die Venus der Sonne um ein Drittel näher ist als die Erde. Unter den zur Erklärung dienenden Theorien verdienen das bekannte Treibhausmodell sowie das Modell der tiefen Zirkulation größte Aufmerksamkeit. Beim Treibhauseffekt auf der Venus spielt die Atmosphäre die Rolle der „Glasfenster“, die bei der Entstehung des Treibhauseffekts eine weitaus stärkere Wirkung hat als die Erdatmosphäre.

Das Modell der tiefen Zirkulation geht von der Annahme aus, daß die Sonnenstrahlen die Oberfläche nicht erreichen, sondern vollständig von der Atmosphäre und den Wolken aufgehalten werden. In diesem Falle könnte die Erwärmung der darunter liegenden Atmosphäre durch die adiabatische Verdichtung des Gases bei seinem Absinken in die unteren Schichten der Atmosphäre erfolgen. An Hand von Meßergebnissen wurde festgestellt, daß das Höhen Temperaturgefälle bis hin zur Oberfläche dem adiabatischen nahekommt. Um also zwischen den beiden Modellen zu wählen, muß man wissen, wie sich die Abschwächung des Sonnenlichts unterhalb der von der Erdsichtbaren Wolkenschicht vollzieht. Man darf natürlich auch die Möglichkeit nicht ausschließen, daß die innere Wärme des Planeten bei den Temperaturverhältnissen auf der Venus eine bestimmte Rolle spielt.

Das Problem der Venuswolken ist vielschichtig, und vorläufig gibt es lediglich Vermutungen über ihre Struktur, ihre Zusammensetzung und ihre Ausdehnung. Man könnte meinen, am anziehendsten sei die Hypothese von Wasser- und Eiswolken, die denen auf unserer Erde gleichen. Doch sie stößt auf bestimmte Schwierigkeiten. Interessant ist jedoch die Feststellung, daß im Unterschied zur Erde, wo die Höhe der Wolken selten mehr als 10 bis 12 Kilometer beträgt, auf der Venus solche Wolken in einer Höhe von fast 60 Kilometer beginnen müßten, während ihre Dicke (geht man von der gemessenen Konzentration des Wasserdampfes aus) über zehn Kilometer betragen müßte. Ernsthaftige Beachtung verdienen auch noch andere Möglichkeiten — die Fülle von Staub in der Atmosphäre sowie die Schichtstruktur der Bewölkung. Letztgenannte Besonderheit könnte sich als eine unmittelbare Folge der auf dem Planeten herrschenden spezifischen Bedingungen erweisen. Liegt doch die Venusatemperatur über dem Schmelzpunkt oder dem Siedepunkt einer ganzen Reihe von Elementen und Verbindungen, die unter unseren natürlichen Verhältnissen in fester Form vorkommen.

Doch mit der Höhe sinkt die Temperatur, und die Dämpfe der Beimengungen in der Atmosphäre müssen sich auf unterschiedlicher Höhe kondensieren, ebenso wie dies bei zurückgehender Temperatur mit dem Wasserdampf geschieht. Man darf bei der Schichtstruktur der Wolken auf der Venus eine sehr ungewöhnliche chemische Zusammensetzung der Kondensate der einzelnen Schichten nicht ausschließen.

Bei einer Beobachtung von der Erde aus in ultraviolett Licht zeigen sich in der Struktur der Venuswolken einzelne miteinander kontrastierende Einzelheiten, die man im sichtbaren Bereich des Spektrums nicht unterscheiden kann. Es wurde festgestellt, daß sich diese Einzelheiten, die als „ultraviolette Wolken“ bezeichnet wurden, entlang der Scheibe des Planeten weitaus schneller bewegen als die Eigenrotation des Planeten beträgt — und zwar annähernd um das 60fache schneller. Auf der Erde würde eine schnellere Rotation der Atmosphäre — dazu nur um höchstens das 1,2 bis 1,4fache — nur in sehr viel größeren Höhen von 150 bis 400 Kilometer festgestellt. Auf der Venus hängt sie am ehesten mit den Besonderheiten des Wärmeaustausches und der Zirkulation auf dem Planeten in Höhe der Wolkenschicht zusammen.

Messungen über die vorwiegende chemische Zusammensetzung und die Parameter der Atmosphäre haben gleichzeitig die Wissenschaftler vor eine Reihe äußerst schwieriger Fragen gestellt. So ist insbesondere nicht klar, warum es auf der Venus so wenig Wasser gibt. Man könnte meinen, im Laufe der Evolution des Planeten hätte Wasser durch die vulkanische Tätigkeit aus dem Inneren ausgeschieden werden müssen, wie das auf der Erde geschah. Doch der Wassergehalt der Venusatmosphäre (auf der Oberfläche kann es natürlich Wasser in flüssiger Form nicht geben) beträgt mindestens nur ein Tausendstel des Wassergehalts der Erdatmosphäre.

Eine mögliche Erklärung lautet, daß die Temperatur des kältesten Bereichs in der oberen Venusatmosphäre (in der Mesopause) um 10 bis 20 Grad höher liegt, während eine genügend harte Ultraviolettstrahlung tief eindringen kann als auf der Erde. Das Ergebnis wird eine intensivere Aufspaltung (Photodissoziation) des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff sowie ein intensiverer Entweichen des leichten Wasserstoffs aus der Atmosphäre in den Weltraum sein. Der Sauerstoff dagegen wird sich mit der festen Substanz der Oberfläche des Planeten verbinden.

Durch Messungen von Raumflugkörpern aus, wurde eine Wasserstoffkorona festgestellt. Doch auch die Erde hat eine Wasserstoffkorona. Es wäre deshalb aufschlußreich zu wissen, in welchem Verhältnis der Wasserstoff in der oberen Atmosphäre der Venus zu seinem schweren Isotop, dem Deuterium, steht.

Die vorstehende kurze Aufzählung erschöpft die Probleme der Venus keineswegs. Um alle Fragen beantworten zu können, werden Jahre angespannter Arbeit sowie zahlreiche komplizierte Experimente von Raumflugkörpern aus und intensive Beobachtung von der Erde aus notwendig sein.



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Interstellare Moleküle · Dr. J. Gürtler	129
Marskanäle — neu gesehen. Eine Hypothese zur Deutung des Erscheinungsbildes · Dipl.-Ing. August Koch	136
513 Mondkrater erhielten Namen (Schluß)	140
Die Lichterscheinungen in der Erdatmosphäre · Dr. Karl Sigmund	141
Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohres II · Heinz Albert	146

Amateure beobachten und berichten

Selbstbau von Teilkreisen für die einfache Montierung vom VEB Carl Zeiss Jena · Dipl.-Ing. Jürgen Schraetz	150
--	-----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Spektroskopie-Seminar in Apolda · Helmut Busch	152
--	-----

Aus der Literatur

Neuer kurzperiodischer Bedeckungsveränderlicher — Neue Flare-Sterne im Oriongebiet — Centaurus X-3 ein Bedeckungssystem? — Der neue Mondkrater Solena	153
Unbekannte Energiequelle in der Kassiopeia — Nordlicht durch Plasmaeruption — Sonnenaktivität und Nadelholz — Pioneer 10 passierte den marsnahen Raum	164

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Schreitvorrichtungen für raumfahrttechnische Anwendungsgebiete · Dipl.-Ing. H. K. Remane 154	
1975 Sojus-Apollo-Kopplung · Horst Hoffmann	160
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond I (Schluß) · Dr. E. Hantzsche	163

Redaktionschluß 20. 7. 72

Dieses Heft hat 4 S. Mehrumfang; Heft 6/72 wird deshalb um 4 S. gekürzt.

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft, Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Fernsprecher 4 22 97 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3—4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Den ersten Hinweis darauf, daß der Raum zwischen den Sternen nicht leer ist, erhielt 1904 der amerikanische Astronom Hartmann, als er im Spektrum des spektroskopischen Doppelsterns δ Orionis zwei Absorptionslinien des einfach ionisierten Kalziums fand, die im Gegensatz zu den anderen Linien im Sternspektrum keine periodischen Wellenlängenverschiebungen durch die Bahnbewegungen der beiden Sterne umeinander zeigten. Auch im Aussehen unterschieden sich die „ruhenden“ Kalziumlinien deutlich von den stellaren, denn sie waren ungewöhnlich schmal. Hartmann gab gleich die richtige Deutung seiner Entdeckung: Die ruhenden Linien entstehen in einem verdünnten Gas, das sich zwischen Stern und Beobachter befindet.

In der Folgezeit wurden noch zahlreiche andere Absorptionslinien interstellaren Ursprungs gefunden. Sie stammen alle von neutralen oder einfach ionisierten Atomen und gehören zu Übergängen, die vom Grundzustand der Atome bzw. Ionen ausgehen. (Es sind also sogenannte Resonanzlinien.) Dieser Befund beweist die geringe Temperatur und die niedrige Anregung des interstellaren Gases.

Erst Ende der dreißiger Jahre wurden einige Absorptionslinien entdeckt, die einfachen, zweiatomigen Molekülen zugeordnet werden konnten. Die Radioastronomie ermöglichte es durch verbesserte Empfänger, in den letzten fünf Jahren eine überraschend große Zahl weiterer Moleküle aufzufinden, die aus bis zu sieben Atomen bestehen. Gegenwärtig sind rund 25 Molekülarten bekannt, doch ständig werden Neuentdeckungen angezeigt. Die Untersuchung der interstellaren Moleküle erweist sich als ein ausgezeichnete Weg, um neue und bessere Aufschlüsse über die Bedingungen im interstellaren Raum und bei der Entstehung von Sternen zu erhalten.

Die Entdeckung der interstellaren Moleküle

1. Allgemeines über Molekülspektren

Die Spektren der Moleküle sind vielgestaltiger als die der Atome. Diese bestehen bekanntlich aus einzelnen Linien, die Übergängen zwischen bestimmten Energiezuständen der Atome entsprechen. Während die Energie eines Atoms allein von der Anordnung der Elektronen abhängt, kommt bei einem Molekül noch die Energie hinzu, die in den Schwingungen der Atome gegeneinander und in der Rotation des ganzen Moleküls steckt. Je nachdem, welcher Energieanteil geändert wird, spricht man von Elektronen-, Schwingungs- oder Rotationsübergängen, -spektren, -linien u. a.

Änderungen des Rotationszustandes erfordern den geringsten Energieaufwand. Ihnen entsprechen daher Linien im fernen Infrarot und Mikrowellengebiet. Die Rotationszustände besitzen oft noch eine Feinstruktur, d. h. sie bestehen aus mehreren Unterzuständen. Die Ursachen dieser Aufspaltung sind sehr mannigfaltig und von der Molekülart abhängig. Ein Beispiel ist die Wechselwirkung zwischen Molekülrotation und Bahnbewegung der Elektronen (sog. *A*-Verdopplung)*. Der Einfluß der Eigendrehimpulse (Spins) der Atomkerne gibt Anlaß zu einer Hyperfeinstruktur, die der Feinstruktur noch überlagert ist. Fein- und Hyperfeinstrukturübergänge werden bevorzugt radioastronomisch untersucht, da die entsprechenden Linien oft im Dezimeterwellenbereich liegen und daher instrumentell gut zugänglich sind. (Z. B. ist auch die berühmte 21-cm-Linie des atomaren Wasserstoffs eine Hyperfeinstrukturlinie.)

Zu jedem Schwingungszustand gehören viele Rotationszustände. Deshalb entspricht jedem Schwingungsübergang eine ganze Liniengruppe oder Bande. Diese Rotations-Schwingungs-Banden liegen im nahen Infrarot. Ein Elektronenzustand besteht aus zahlreichen Schwingungszuständen, die sich ihrerseits wieder in viele Rotationszustände teilen. Zu jedem Elektronenübergang gehört also ein Bandensystem. Die Elektronenbanden befinden sich im sichtbaren und ultravioletten Teil des Spektrums.

Unter interstellaren Bedingungen vereinfacht sich das Molekülspektrum stark. Die Anregung ist im allgemeinen so gering, daß nur die Grundzustände besetzt sind. Von den Banden tritt dann nur eine Linie auf, und wir haben es auch bei den Schwingungs- und Elektronenspektren bloß mit Linienspektren zu tun.

* *A* ist das Symbol für den Bahndrehimpuls der Elektronen im Molekül.

2. Einschränkungen bei der Untersuchung interstellarer Moleküle

Die meisten Beobachtungen werden heute noch vom Erdboden aus angestellt. Ob ein interstellares Molekül entdeckt wird oder nicht, hängt folglich davon ab, ob es geeignete Linien in jenen Spektralbereichen besitzt, in denen die Atmosphäre durchlässig ist. Diese „Fenster“ reichen einmal von 3000 Å an aufwärts bis ins Infrarot bei etwa 20 µm und dann von den Millimeter- bis zu den Meterwellen.

Die Moleküle müssen weiter mit einer bestimmten Häufigkeit vorkommen, damit sie entdeckt werden können. Diese untere Grenze hängt von der Empfindlichkeit des Empfängers ab, und sie wird sicherlich auch weiterhin immer mehr gesenkt werden können. Trotzdem wird man nur Verbindungen aus den häufigsten Elementen auffinden, d. h. solche aus Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff. Die Häufigkeit der Moleküle hängt natürlich nicht nur von der Häufigkeit der sie aufbauenden Atome ab, sondern auch von der Wahrscheinlichkeit ihrer Bildung und Zerstörung, also von den physikalischen Bedingungen. Deshalb sollten einfach gebaute und beständige Moleküle am weitesten verbreitet sein.

Wenn wir die Moleküllinien in Absorption sehen wollen, so muß hinter der interstellaren Wolke, in der sich die Moleküle befinden, ein leuchtkräftiger Stern oder eine starke Radioquelle stehen, deren Strahlung sie absorbieren können. Wegen der allgemeinen interstellaren Extinktion ist uns im sichtbaren und ultravioletten Teil des Spektrums nur der Raum bis in etwa 3000 Lichtjahre Entfernung zugänglich. Im Radiobereich liegen die Verhältnisse weit günstiger, da hier die interstellare Extinktion keine Rolle spielt. Außerdem reichen die Anregungsbedingungen oft, um die Moleküle zum Strahlen zu bringen.

3. Moleküledeckungen im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich

1937 entdeckten Dunham und Adams eine Reihe von zweifelsfrei interstellaren Linien, die sie keinem Atom oder Ion zuschreiben vermochten. Sie konnten in den folgenden Jahren den Molekülen CH, CH⁺ und CN zugeordnet werden. Die Linien wurden in einer großen Anzahl von Sternen, die über den ganzen Himmel verteilt waren, gefunden. Die Moleküle sind daher im interstellaren Raum weit verbreitet. Da die Moleküllinien und die Atomlinien, sofern sie im gleichen Sternspektrum auftreten, die gleiche Radialgeschwindigkeit zeigen, kommen die Moleküle und Atome gemeinsam vor.

Mit einer Ausnahme befinden sich die absorbierenden Moleküle im Grundzustand. Ein Teil des CN hält sich nämlich im ersten angeregten Rotationszustand auf, der $4,7 \cdot 10^{-4}$ eV über dem Grundzustand liegt. Aus dem Verhältnis der Stärke der entsprechenden Absorptionslinien folgt ein Verhältnis der Besetzungszahlen, nach dem die CN-Moleküle eine Temperatur von 2,3 K besitzen. Die Bedeutung dieses Befundes wurde erst nach der Entdeckung der sog. 3-K-Strahlung durch Penzias und Wilson 1965 verständlich. Die Strahlung erfüllt gleichmäßig das gesamte Weltall und wird als Überbleibsel von einer sehr frühen Entwicklungsstufe der Welt angesehen. Ihre spektrale Energieverteilung folgt dem Planckschen Strahlungsgesetz für eine Temperatur von 2,7 K. Offenbar werden die CN-Moleküle von dieser Urstrahlung soweit „erwärmt“, bis sie mit ihr auf gleicher Temperatur sind.

Die Entwicklung der Raketentechnik hat inzwischen den ultravioletten Teil des Spektrums zugänglich gemacht. Auf diese Weise gelang die Entdeckung von H₂ und CO. Da Wasserstoff das häufigste Element im Weltall ist, hat man seinem Molekül seit langem große Aufmerksamkeit gewidmet und theoretische Überlegungen über seine Verbreitung angestellt. 1970 fand Carruthers die Lyman-Banden dieses Moleküls bei 1100 Å im Spektrum von ξ Persei, jedoch nicht bei ϵ Persei. Jener Stern ist nun wesentlich stärker verfärbt als dieser, so daß ein Zusammenhang zwischen Verfärbung und Vorhandensein von H₂ angedeutet ist. Das entspricht den Erwartungen, denn der interstellare Staub spielt bei der Bildung dieses und anderer Moleküle eine große Rolle.

Ebenfalls im Ultravioletten fanden Smith und Stecher Absorption durch CO bei ζ Ophiuchi. Die Dichte des Kohlenstoffmonoxids ist wesentlich höher als die von CN oder CH. Dieser Befund läßt sich zwanglos durch die größere Stabilität des CO erklären.

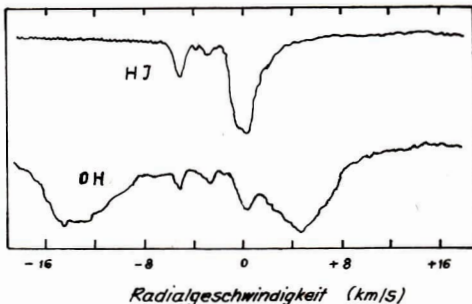
4. Moleküllinien im Radiowellenbereich

Die Möglichkeit, interstellare Moleküle im Radiowellenbereich zu beobachten, zog zuerst Schdlowski in Erwägung (1956). Sieben Jahre später fanden Weinreb, Barrett, Meeks und Henry bei 18 cm Wellenlänge Absorptionslinien im Spektrum der starken Radioquellen Cassiopeia A und Sagittarius A (Milchstraßenzentrum), die sie dem Hydroxylradikal (OH) zuschrieben. Das gleiche Molekül wurde kurz darauf in der Nähe heller diffuser Nebel auch in Emission beobachtet. 1968 wurden Emissionslinien bei 1,3 cm Wellenlänge entdeckt, die vom Ammoniak (NH₃) stammten. Das erste interstellare Molekül, das mehr als zwei Atome enthält, war gefunden. Das war eine große Überraschung,

denn man rechnete allgemein damit, daß nur zweiatomige Moleküle vorkämen. Seither wurden in rascher Folge neue Moleküle beobachtet. Es befinden sich zahlreiche zweiatomige darunter, die Mehrzahl ist jedoch mehratomig.

Abb. 1:

Eine der ersten Beobachtungen des Hydroxylradikals in Absorption im Spektrum der Radioquelle Sagittarius A (Milchstraßenzentrum). Ein Vergleich mit dem Absorptionsprofil des Wasserstoffs zeigt, daß die Wolken mit der größten OH-Absorption im 21-cm-Profil keine Spuren hinterlassen. Vielleicht liegt der Wasserstoff dort überwiegend in molekularer Form vor.



In Tabelle 1 sind die bis etwa Juni 1972 bekannt gewordenen Moleküle in der Reihenfolge ihrer Entdeckung zusammengestellt. Isotopenmoleküle blieben unberücksichtigt. Die Wellenlängenangaben sind nur Richtwerte. Es sind auch nicht alle Wellenlängen genannt, bei denen die Moleküle beobachtet wurden.

Tabelle 1:

Verzeichnis der bekannten interstellaren Moleküle

Jahr	Name	Zeichen	Wellenlänge	Spektrum	Entdecker
1937	Methinyl	CH	4300 Å	A	Dunham/Swings und Rosenfeld
1940	Zyan	CN	3875 Å	A	Adams/McKellar
1941		CH ⁺	3745–4233 Å	A	Adams/Douglas und Herzberg
1963	Hydroxyl	OH	18, 6.3, 5.0, 2.2 cm	A, E	Weinreb, Barrett, Meeks, Henry
1968	Ammoniak	NH ₃	1.3 cm	E	Cheung, Rank, Townes, Thornton und Welch
1969	Wasser	H ₂ O	1.4 cm	E	Cheung, Rank, Townes, Thornton und Welch
1969	Formaldehyd	HCHO	6.2, 2.1, 1 cm, 2.1, 2.0 mm	E, A	Evans, Cheung und Sloanaker
1970	Kohlenstoffmonoxid	CO	2.6 mm	E	Wilson, Jefferts und Penzias
1970	Zyan	CN	2.6 mm	E	Jefferts, Penzias und Wilson
1970	Wasserstoff	H ₂	1100 Å	A	Carruthers
1970	Blausäure	HCN	3.4 mm	E	Snyder und Buhl
1970	Xogen	(HCO ⁺)	3.4 mm	E	Buhl und Snyder
1970	Zyanoazetylen	C ₂ H ₃ NC	3.3 cm	E	Turner
1970	Methylalkohol	CH ₃ OH	36.1 cm, 3 mm	E	Ball, Gottlieb, Lilley und Radford
1970	Ameisensäure	HCOOH	18 cm	E	Zuckerman, Ball und Gottlieb
1971	Kohlenstoffmonosulfid	CS	2.0 mm	E	Penzias, Solomon, Wilson und Jefferts
1971	Siliziummonoxid	SiO	2.3 mm	E	Wilson, Penzias, Jefferts, Kutner und Thaddeus
1971	Methylazetylen	C ₂ H ₃ CH ₃	3.5 mm	E	Snyder und Buhl
1971	Isozyansäure	HNCO	3.4 mm, 1.4 cm	E	Snyder und Buhl
1971	Karbonsäure	COS	2.7 mm	E	Jefferts, Penzias, Wilson und Solomon
1971	Methylcyanid	CH ₃ CN	2.7 mm	E	Solomon, Jefferts, Penzias und Wilson
1971	(Wasserstoffisozyanid)	HNC	3.3 mm	E	Snyder und Buhl
1971	Formamid	NH ₂ CHO	6.5 cm	E	Rubin, Swenson, Benson, Tigelaar und Flygare
1971	Azetalddehyd	CH ₃ CHO	28 cm	E	Ball, Gottlieb, Lilley und Radford
1971	Thioformalddehyd	HCS	9.5 cm	A	Sinclair, Ribes, Fourikis, Brown und Godfrey
1972	Formaldehyd	HCHO	5.7 cm	E	Godfrey, Brown, Robinson und Sinclair

tet werden, sondern im allgemeinen nur die, bei der sie entdeckt wurden. Durch E oder A ist angedeutet, ob die Moleküle in Emission oder Absorption beobachtet werden.

In zwei Fällen ist die Zuordnung nicht zuverlässig. Die Molekülnamen sind deshalb eingeklammert. In dem zeitlich vorangehenden Fall ist auch die Bezeichnung „Xogen“ gebräuchlich.

Bis jetzt weiß man von den meisten interstellaren Molekülen nicht viel mehr, als daß ihre Linien im Spektrum dieser oder jener Radioquelle vorhanden sind. Die Richtung auf das Milchstraßenzentrum hat sich als besonders fruchtbar erwiesen. Die Radiolinien sind oft sehr schwach, und es ist deshalb schwierig und zeitaufwendig, viele Radioquellen zu beobachten und genauer zu untersuchen. Einige Radiomoleküle sind jedoch schon recht gut bekannt. Sie haben zum Teil zu neuen und überraschenden Einsichten geführt und erwiesen sich als wertvolles Mittel, um einmal Vorstufen der Sternentwicklung und zum anderen dichte und kühle interstellare Wolken zu erforschen.

Eigenschaften der Molekülquellen

1. Die interstellaren Maser (OH und H_2O)

Die Eigenschaften und Besonderheiten der OH-Quellen sind bisher am ausgiebigsten untersucht worden. Das ist verständlich, denn die Hydroxylstrahlung ist am intensivsten und am längsten bekannt. Wir müssen zwei Arten von OH-Quellen unterscheiden, nämlich die flächenhaften, die sich im wesentlichen durch Absorption bemerkbar machen, und die punktförmigen, die durch außerordentlich starke Emission gekennzeichnet sind. Die Emission ist so stark und eigenartig, daß anfangs Zweifel an der richtigen Identifikation aufkamen und man einen besonderen Stoff „Mysterium“ für sie verantwortlich machen wollte. Wir betrachten nun diese Mysteriumquellen genauer.

Der Grundzustand des Hydroxylmoleküls spaltet wegen Δ -Verdopplung und Wechselwirkung mit dem Spin des Wasserstoffkerns in vier Zustände auf. Die vier möglichen Übergänge zwischen ihnen ergeben ein Linienquartett bei etwa 18 cm Wellenlänge (vgl. Abb. 2).

Die Emissionslinien bestehen aus zahlreichen außerordentlich schmalen Komponenten, die viel schmäler sind, als man es wegen der durchschnittlichen turbulenten Bewegung in den interstellaren Wolken erwartet (Abb. 3). Die Strahlung ist außerdem polarisiert und über einige Wochen veränderlich. Die Intensität ist sehr hoch: Wollte man sie durch ein heißes Gas erklären, müßte dieses eine Temperatur von mehr als 10^6 K haben. Das Intensitätsverhältnis der vier Linien untereinander ist von Quelle zu Quelle verschieden und weicht sehr von seinem Gleichgewichtswert ab. Alle diese Befunde schließen aus, daß es sich bei der beobachteten OH-Strahlung um thermische Strahlung handelt.

Die Verhältnisse liegen bei den H_2O -Quellen ganz ähnlich. Sie zeigen auch immer OH-Emission. Jedoch sind nicht alle OH- zugleich auch H_2O -Quellen.

Je nach dem, welche der vier OH-Linien die hellste ist, lassen sich die OH-Quellen in 3 Klassen einteilen, die mit unterschiedlichen Arten von Himmelskörpern verbunden sind.

I. Quellen, die überwiegend in der 1665-MHz-Linie, selten in der 1667-MHz-Linie strahlen. Sie befinden sich immer in der Nähe von großen HII-Gebieten (das sind interstellare Wolken, deren Wasserstoff durch die ultraviolette Strahlung naher O-Sterne fast vollständig ionisiert ist). Der Vergleich der Radialgeschwindigkeiten zeigt, daß diese Nachbarschaft nicht zufällig ist. Die OH-Quelle im Orionnebel gehört hierher.

IIa) Die 1720-MHz-Linie ist am stärksten, die anderen Linien erscheinen in Absorption. Solche Quellen liegen in der Nähe von Supernova-Überresten. Cassiopeia A ist ein Beispiel.

IIb) Die 1612-MHz-Linie herrscht vor, die übrigen Linien sind sehr schwach. Der Ursprung solcher Hydroxylstrahlung ist die Umgebung bestimmter Sterne mit starkem Infrarotüberschuß, z. B. VY Canis Majoris.

Alle OH-Quellen sind von sehr geringer Ausdehnung (wenige Bogensekunden Durchmesser). Interferometrische Beobachtungen mit transkontinentalen Basislängen zeigten, daß diese Quellen aus einzelnen strahlenden Punkten bestehen, deren Durchmesser 0,001 bis 0,05 betragen. Jeder dieser Punkte liefert eine der schmalen Komponenten des Linienprofils. Je weiter die Quellen entfernt sind, desto größer ist der Winkeldurchmesser. Wir haben also nicht die wahren Durchmesser bestimmt. Vielmehr wird die Strahlung auf dem Wege zu uns an den Ungleichmäßigkeiten in der Verteilung der freien Elektronen im interstellaren Raum gestreut. Aus strahlenden Punkten werden so verwaschene Flecke.

Um die beobachtete Intensität der Strahlung zu erklären, muß man eine große Verstärkung innerhalb der Quelle annehmen. Man glaubt, daß dies auf die gleiche Weise geschieht wie in

den Molekularverstärkern (Maser und Laser). Für die Verstärkerwirkung ist es erforderlich, daß sich im oberen der beiden durch den Übergang verbundenen Zustände mehr Moleküle aufhalten, als es unter Gleichgewichtsbedingungen der Fall wäre. Wenn nun eine Welle mit der zum Übergang passenden Länge auf ein angeregtes Molekül trifft, so gibt dieses seine Energie an die Welle ab und geht in den niedrigeren Zustand über. Es ist einleuchtend, daß auf diese Weise die Strahlung wesentlich verstärkt werden kann, sofern genügend angeregte Moleküle vorhanden sind.

Wie genügend Moleküle in die geeigneten Zustände gelangen (man nennt diesen Vorgang Pumpen), ist nicht in jedem Falle klar. Jedenfalls müssen in den drei Klassen von OH-Quellen verschiedene Pumpvorgänge ablaufen. Bei der Klasse IIb scheint durch Absorption von stellarer Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von $2,8\text{ }\mu\text{m}$ der erste Schwingungszustand angeregt zu werden. Anschließend kehren sie in den Grundzustand zurück, und dabei soll es dann zu der gewünschten Überbesetzung kommen. Ähnlich verhält es sich bei Klasse IIa, nur erfolgt hier das Pumpen durch Strahlung mit $120\text{ }\mu\text{m}$ Wellenlänge, die die Moleküle in den ersten angeregten Rotationszustand befördert.

Zur Erklärung der OH-Quellen der Klasse I sind mehrere Pumpabläufe im Gespräch. Einige Wahrscheinlichkeit hat der Vorschlag für sich, nach dem Wassermoleküle durch Zusammenstöße mit Wasserstoffatomen in OH und H aufgebrochen werden sollen. Die Berechnungen zeigen,

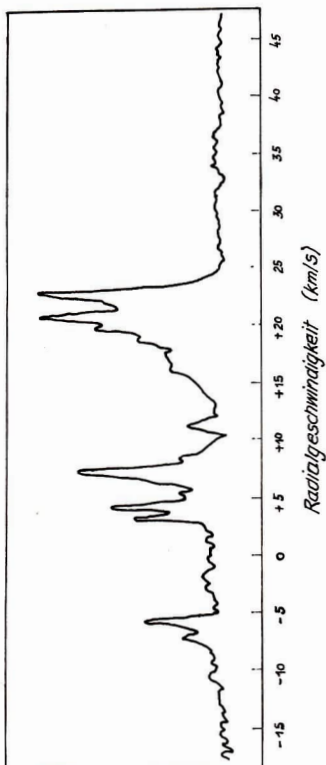
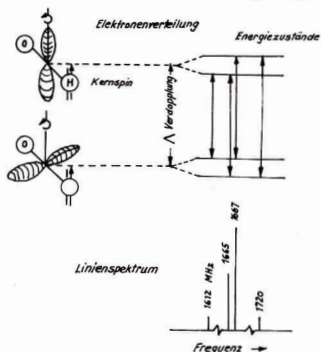


Abb. 3, oben:
Das Profil der 1665-MHz-Linie in Richtung zum Orionnebel. Man beachte die vielen schmalen Komponenten, aus denen die Emissionslinie besteht.

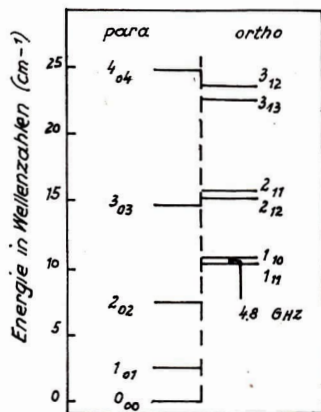
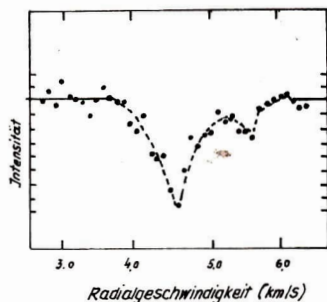
Abb. 2, links:
Schematische Darstellung der Aufspaltung des Rotationsgrundzustandes des Hydroxylradikals und des sich daraus ergebenden Spektrums.

daß die so entstandenen OH-Moleküle sich bevorzugt in den oberen Λ -Zuständen befinden, so daß es zu einer Überbesetzung kommt. Diese Vorstellung findet Unterstützung in der Tatsache, daß alle H_2O -Quellen sehr starke OH-Strahler sind. Wenn nicht alle Hydroxylquellen auch Wasserlinien ausstrahlen, so liegt es daran, daß die H_2O -Maser einschränkendere Bedingungen benötigen.

Die Dichte liegt in den OH-Quellen der Klasse I zwischen 10^6 und 10^{14} Wasserstoffatomen je cm^3 . Der untere Grenzwert sichert, daß die ultraviolette Strahlung, die die OH-Moleküle zu dissoziieren vermag, wirksam abgeschirmt wird. Bei zu hohen Dichten ergibt sich eine merkliche Druckverbreiterung der Spektrallinien, die nicht beobachtet wird. Um die empfangene Strahlung zu erklären, müssen die einzelnen Strahlungspunkte Abmessungen von der Größenordnung 2×10^{14} cm haben. Dieser Wert liegt im Bereich dessen, was man für Protosterne ansetzt. Die ausgestrahlte Energie liegt nur wenig unter der Leuchtkraft der Sonne. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß wir in den Hydroxylquellen interstellare Wolken auf dem Wege zur Sternwerdung beobachten.

2. Formaldehyd

Die 4.8-GHz-Linie des HCHO wurde in Richtung auf einige Dunkelwolken in Absorption beobachtet, obwohl keine merkliche Erhöhung der kontinuierlichen Radiostrahlung gemessen werden konnte (Abb. 4). Die Formaldehyd-Moleküle absorbieren demnach Urstrahlung. Sie müssen folglich eine geringere Anregungstemperatur als etwa 3 K haben. In einem Falle fand man sogar 0.8 K. Das ist die geringste Temperatur, die man bisher im interstellaren Raum gemessen hat.



Dieser Befund ist sehr verwunderlich, denn die Urstrahlung erfüllt den gesamten Weltraum, und ihre Temperatur sollten die Moleküle mindestens aufweisen. Die geringere Anregung der HCHO-Moleküle bedeutet, daß der tiefere Zustand überbesetzt ist. Wir suchen sozusagen einen Vorgang, der das Formaldehyd unter die Umgebungstemperatur abkühlt.

Wir wollen uns eine Möglichkeit an Hand der Abb. 5 verdeutlichen, in der die möglichen, in der Nähe des Grundzustandes liegenden Zustände schematisch dargestellt sind. Wir gehen auf die Bezeichnungen nicht näher ein und erwähnen nur, daß Übergänge von der linken Zustandsleiter (sog. Para-Formaldehyd) zur rechten (Ortho-Formaldehyd) sehr selten sind. Aus Gründen der Impuls- und Energieerhaltung werden durch Stöße von den Zuständen 1_{10} und 1_{11} aus bevorzugt die unteren Zustände der Paare angeregt; z. B. ist der Übergang $1_{10} \rightarrow 3_{13}$ häufiger als der Übergang $1_{10} \rightarrow 3_{12}$. Unter Energieausstrahlung gehen die Moleküle dann wieder in tiefere Zustände über. Dabei sind aber nur jeweils Übergänge zwischen den unteren der Doppelzustände erlaubt, also z. B. $3_{13} \rightarrow 2_{12}$, nicht aber $3_{13} \rightarrow 2_{11}$. Es ist leicht zu sehen, daß es auf diese Weise zu einer Ansammlung von HCHO-Molekülen im 1_{11} -Zustand kommt, von dem aus dann die 4.8-GHz-Strahlung absorbiert wird.

Unsere Kühlmachine arbeitet also folgendermaßen: Sie entnimmt dem Gas kinetische Energie und verwendet diese, um die Temperatur der Formaldehydmoleküle zu erniedrigen.

Abb. 4, links oben:
Absorptionsspektrum des Formaldehyds bei 4.8 GHz in Richtung auf eine galaktische Dunkelwolke.

Abb. 5, links:
Schematische Darstellung der tiefsten Rotationszustände des Formaldehyds.

3. Häufigkeit der interstellaren Moleküle

Wir haben zwei besonders krasse Beispiele herausgegriffen, um zu zeigen, wie weit die Bedingungen im interstellaren Raum vom thermo-dynamischen Gleichgewicht abweichen können. Das Fehlen des Gleichgewichts erschwert begreiflicherweise die Deutung der Beobachtungen, und unsere Kenntnisse von den physikalischen Bedingungen in den Molekülwolken ist dementsprechend unvollkommen.

In Tabelle 2 sind die Häufigkeiten der verschiedenen Moleküle in Richtung auf das Milchstraßenzentrum und in Richtung auf den Orionnebel zusammengestellt. Es sind die Anzahlen längs der Sichtlinie (Moleküle je cm^2) angegeben, die allein aus den Beobachtungen unmittelbar abgeleitet werden können. Die genauen Dichtwerte hängen von der Ausdehnung der Wolken längs der Sichtlinie ab, die nicht bekannt ist. Als Durchschnittswert wäre etwa $1 \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (≈ 3 Lichtjahre) anzusetzen.

Von vielen Molekülen sind auch Isotopenformen entdeckt worden. Zum Beispiel wurden Linien von ^{18}O , $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$, $\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$, $\text{H}_2^{13}\text{C}^{18}\text{O}$ beobachtet. Isotopenverhältnisse konnten bisher nur sehr ungenau abgeleitet werden. Es ist deshalb noch keine Entscheidung darüber möglich, ob sie von den irdischen Werten verschieden sind oder nicht.

Tabelle 2:

Häufigkeit der interstellaren Moleküle

Molekül	Sagittarius	Orion
H_2	$\geq 10^{22} \text{ cm}^{-2}$	$\sim 2 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$
OH	$> 5 \times 10^{16}$	?
CO	$\sim 10^{19}$	$\sim 10^{18}$
CN	—	$\sim 10^{15}$
CS	$\sim 10^{14}$	$2 \times 10^{13} - 5 \times 10^{14}$
SiO	$\sim 4 \times 10^{13}$	—
HCN	?	$\sim 10^{15}$
COS	$\geq 3 \times 10^{15}$	—
NH_3	$\geq 10^{17}$	—
HCHO	$\sim 2 \times 10^{15}$	$\sim 3 \times 10^{14}$
C_2HCN	$\sim 2 \times 10^{16}$	—
HCOOH	$10^{13} - 3 \times 10^{15}$	—
CH_3OH	?	$\sim 5 \times 10^{16}$
CH_3CN	$\sim 2 \times 10^{14}$	—
Xogen	—	$\sim 10^{15}$

Bildung und Zerstörung der Moleküle

Im interstellaren Raum sind eine Vielzahl von auf- und abbauenden Vorgängen denkbar. Die befriedigende Erklärung der beobachteten Molekülhäufigkeit muß darüber entscheiden, welche davon tatsächlich ablaufen.

Ionisation und Dissoziation durch Absorption ultravioletter Sternstrahlung sind die Hauptursache für die Zerstörung von interstellaren Molekülen. Nur CO, SiO und CS besitzen unter durchschnittlichen Bedingungen eine Lebensdauer von etwa 1000 Jahren. Deshalb kommen interstellare Moleküle wahrscheinlich nur in ziemlich dichten Wolken vor, die außerdem reich an interstellaren Staubteilchen sind, denn nur durch sie kann das zerstörerische Sternlicht wirksam abgeschirmt werden.

Die interstellaren Molekülwolken sind ziemlich kühl. Die Temperatur liegt bei einigen 10 K. Die Moleküle werden durch Stöße mit anderen Gasteilchen zum Leuchten angeregt, so daß die Wolken ständig Energie abgeben, ihre Temperatur also sinkt. In solch kühler Umgebung frieren die Moleküle an den Staubteilchen fest, d. h. sie bleiben an deren Oberflächen kleben, wenn sie mit ihnen zusammentreffen. Auf diese Weise können die Moleküle nach und nach aus dem Gas verschwinden.

Moleküle können sich grundsätzlich beim Zusammenstoß der entsprechenden Atome bilden. Die Wahrscheinlichkeit ist aber für die meisten der hier in Betracht kommenden Verbindungen recht klein, da die Energiezustände der Atome und der aus ihnen sich bildenden Moleküle schlecht zusammenpassen. CH , CH^+ , CN und CO könnten in den beobachteten Mengen auf diese Weise entstehen.

Die Atmosphären bestimmter kühler Sterne hat man nicht nur für die Entstehung der interstellaren Staubteilchen, sondern auch der interstellaren Moleküle verantwortlich machen wollen. Die geringe

Festigkeit gegenüber der Sternstrahlung läßt diese Entstehungsart allerdings als fraglich erscheinen. Die Oberflächen der interstellaren Staubeilchen sind ein sehr geeigneter Ort für die Bildung von Molekülen. Sie sind sehr uneben, und weisen scharfe Kanten und Winkel auf, wo auftreffende Gasatome längere Zeit haften können, z. B. so lange, bis ein zweites in der Nähe auftritt, mit dem es sich verbinden kann. Die freiwerdende Bindungswärme nimmt das Staubeilchen auf, das Molekül kehrt ins Gas zurück.

Man kann sich auch vorstellen, daß schnelle Teilchen (etwa der kosmischen Strahlen) größere Teile der Stauboberfläche abschlagen, wodurch vielatomige Verbindungen in das Gas gelangen. Die Staubeilchen könnten auch durch Aufheizung zerstört werden, etwa wenn in der Wolke ein heißer Stern zu leuchten beginnt, der aus den inneren Teilen der Wolke selbst entstanden ist. (Ein ähnlicher Vorgang spielt sich ab, wenn ein Komet in die Nähe der Sonne gelangt. Die Staubeilchen und gefrorenen Gase des Kometenkopfes werden verdampft und die freigesetzten Gase bilden den Schweif.)

Marskanäle - neu gesehen

Eine Hypothese zur Deutung des Erscheinungsbildes

Dipl.-Ing. AUGUST KOCH

Dieser Beitrag ist ein Versuch zur Klärung des Beobachtungsphänomens „Marskanäle“, wobei der hypothetische Grundgedanke sich auf Beobachtungsmaterial und vergleichende theoretische Sachverhalte stützt.

Die kurzfristig beobachtbaren netzartigen Dunkelzonen von geometrisch-polygonaler Struktur, allgemein „Marskanäle“ genannt, werden hervorgerufen durch orthogonal zur Planetenoberfläche stehende Wandungen thermo-dynamischer Teilbereiche, innerhalb derer sich der Ablauf einer zeitlich begrenzten zellularen Konvektion vollzieht.

Die dabei mitgeführten Staubmassen werden innerhalb der absteigenden Zellenwandungen relativ zum Zelleninneren dichter zusammengeführt, so daß der Einblick durch diese Ebenen auf die reflektierende Marsoberfläche der optischen Wahrnehmung mehr oder weniger versperrt bleibt. Der geometrische Zusammenhang der „Marskanäle“ kann daher als Projektion thermo-dynamischer Zellen auf ihre Grundrißebenen gedeutet werden.

Es ist bei der gegenwärtigen hypothetischen Darlegung nicht möglich, umfassend auf die Beschreibung aller für irdische Verhältnisse theoretisch gesicherten Vorgänge innerhalb der Thermodynamik einzugehen mit dem Ziel, ihre Anwendbarkeit auf die physikalische Situation des Planeten Mars nachzuweisen. Hierzu fehlt zur Zeit noch das Zahlenmaterial der erforderlichen Parameter. Es muß deshalb genügen, auf einige wesentliche Sachverhalte hinzuweisen, die aus der Sicht des Verfassers den Eindruck erwecken, daß eine Übertragbarkeit auch auf außerirdische Bedingungen möglich sein kann. Das Zustandekommen der zellularen Konvektion geht auf einen physikalischen Grundvorgang zurück, der durch Laborversuche und Beobachtungen in der Erdatmosphäre hinreichend geklärt ist. Danach ist eine im Schwerfeld befindliche Gasmasse mit vertikal orientierter Temperaturabnahme nur dann stabil gelagert, wenn zur Bewegung ihrer Volumenelemente Energie benötigt wird. Erfolgt dagegen Freisetzung von Energie durch Aufsteigen der Volumenteile ohne Wärmeaustausch mit ihrer Umgebung (adiabatischer Verlauf), so wird die Stabilität der betroffenen Zonen gestört und es muß eine Umlagerung in mechanischem Sinne eintreten. Dabei handelt es sich um einen an das Medium gebundenen Energietransport, bei dem sich die Materie mit der ihr immanenten Energie bewegt.

Im Gegensatz hierzu bleibt beim Energietransport durch Strahlung die atmosphärische Schichtung in ihrer Ruhelage, wenn man von der ständig vorhandenen thermischen Bewegung im atomaren Bereich absieht.

Es kann nach Ansicht des Verfassers angenommen werden, daß beide vorgenannten Arten des Energietransports auch unter den Bedingungen der Marsatmosphäre wirksam werden können. Demnach würden folgende Aussagen maßgeblich sein:

Die von der Sonne ausgehende Strahlung bleibt durch Absorption in der Atmosphäre nur geringfügig geschwächt. Dagegen wird die von der erwärmten Oberfläche des Planeten rückläufige Strahlung zufolge ihrer weitaus größeren Wellenlänge stärker absorbiert.

Unter der Voraussetzung, daß die Volumenelemente die gleiche Energie aussenden können wie sie absorbieren, kann an keiner Stelle eine Wärmeänderung entstehen. Dieser Zustand bedeutet Strahlungsgleichgewicht.

Der durch Strahlung verursachte Energietransport ist der Wärmestrom, der in Bezug auf Flächen- und Zeiteinheit meßbar und dem Temperaturgefälle proportional ist.

$$H_R = \sigma \cdot \frac{dT}{dh} \quad (1)$$

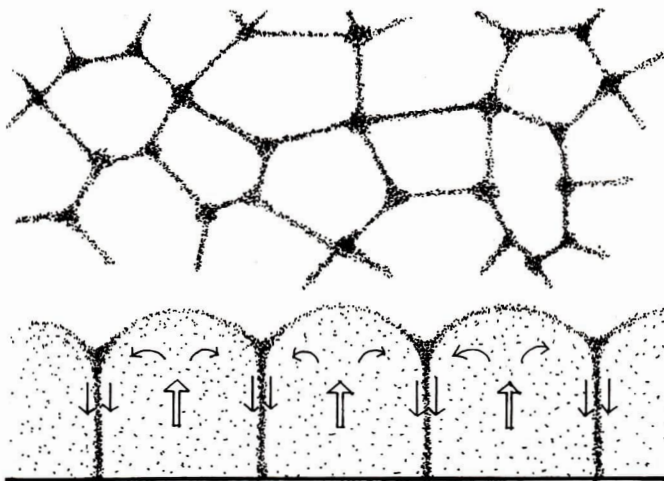
σ ist hierbei ein Proportionalitätsfaktor, der das Strahlungsleitvermögen kennzeichnet und mit Hilfe experimenteller Untersuchung bestimmt werden kann.

Der Zustand des Strahlungsgleichgewichts bleibt solange ungestört, so lange das Strahlungsleitvermögen der atmosphärischen Schichtung nicht überfordert wird. Bei starker Erwärmung der Bodenoberfläche durch intensive Sonneneinstrahlung entsteht in den unteren atmosphärischen Schichten ein hohes Temperaturgefälle, das einen großen Wärmestrom erzeugt, wobei das Strahlungsleitvermögen zum Energietransport nicht ausreichend sein kann. Die Folge davon ist die Inanspruchnahme des mechanischen Energietransports durch Auslösung von Konvektionsströmen. Die damit eintretende Instabilität ist somit abhängig vom Verhältnis des beim Strahlungsgleichgewicht vorherrschenden Temperaturgefälles zu dem des adiabatischen Zustandes. Es kann eine mechanische Umlagerung durch Konvektion nur dann erfolgen, wenn

$$\left(\frac{dT'}{dh} \right)_{STR} > \left(\frac{dT}{dh} \right)_{AD} \quad (2)$$

ist.

Wenn die instabil gewordene Schichtung einer weiteren Bedingung genügt, nämlich daß ihr vertikales Ausmaß relativ zu ihren horizontalen Ausdehnungen klein ist, dann hat die Strömungsstruktur eine typisch stationäre Form, die als „zellulare Konvektion“ gekennzeichnet ist. Es bilden sich hierbei in sich abgeschlossene Zellen aus, deren Grundrißgeometrie 4- bis 7-eckige Polygone darstellen, wobei in den inneren Bereichen die Volumenelemente aufsteigen, während sie in den Randzonen, den be-



grenzenden Wandungen, absinken. Die aufsteigenden atmosphärischen Massen erreichen dabei Höhenlagen, in denen sie einem immer geringer werdenden Druck ausgesetzt sind und dehnen sich aus. Zufolge der mit dem Dehnprozeß verbundenen Arbeitsleistung erfolgt zwangsläufig eine Abkühlung nach der definierten Gesetzmäßigkeit für Zustandsänderungen, die adiabatisch – also ohne äußere Wärmezufuhr – eintreten. Auch nach der adiabatischen Abkühlung kann ein weiterer Aufstieg erfolgen, wenn nämlich die betroffenen Volumelemente trotzdem wärmer und damit leichter bleiben als ihre Umgebung.

Erst mit der Bedingung

$$\left(\frac{dT}{dh}\right)_{\text{STR}} < \left(\frac{dT}{dh}\right)_{\text{AD}} \quad (3)$$

tritt die Tendenz zum Absinken ein. Der Sinkvorgang kann jedoch nicht durch vertikal gerichteten Höhenverlust erfolgen, da dies von den nachdrängenden, noch im adiabatischen Aufstieg begriffenen atmosphärischen Massen behindert wird. Demzufolge tritt auch eine horizontal orientierte Lageveränderung der Volumelemente ein, die zusammen mit dem Höhenverlust eine resultierende Richtung verursacht, die zu den Randzonen der thermischen Zelle führt. Hier erfolgt der Abstieg endgültig in vornehmlich senkrechter Richtung innerhalb der Zellenwandungen. Für die Konfiguration der Zellengrundrisse existieren wahrscheinlich noch keine exakt mathematischen Beschreibungen, jedenfalls sind sie dem Verfasser nicht bekannt. Dagegen kann der Charakter der Strömung bestimmt werden durch eine dimensionslose Zahl A , die von Rayleigh und Jeffreys aus den Navier-Mokeschen Gleichungen hergeleitet wurde.

Diese sogenannte „Konvektionszahl“ wird durch die Dgl.

$$A = \frac{dT}{dh} \cdot g \cdot H^4 \frac{\alpha \cdot c \cdot \rho}{k \cdot \nu} \quad (4)$$

bestimmt. Es bedeuten: dT/dh = Temperaturgefälle, g = Schwerebeschleunigung, H = Schichtdicke, α = Ausdehnungskoeffizient, c = spezifische Wärme, ρ = Dichte, k = thermische Leitfähigkeit, ν = kinematische Viskosität des Mediums.

Die Aufrechterhaltung der zellularen Konvektion ist innerhalb der Grenzen

$$1700 < A < 45000 \quad (5)$$

eingeschränkt. Bei $A < 1700$ tritt die Konvektion nicht ein, weil die Instabilität zu gering ist, als daß der Widerstand zufolge innerer Reibung überwunden werden kann. Bei $A > 45000$ bleibt die Konvektion nicht stationär.

Für großräumige Verhältnisse, wie sie für die Marsareale natürlich vorhanden sind, bei denen die aufsteigenden Volumeinheiten unter ständiger Druckveränderung stehen, tritt für das Kriterium (4) anstelle des Temperaturgefälles der Gradient der potentiellen Temperatur.

$$A^* = \frac{d\delta}{dh} \cdot g \cdot H^4 \frac{\alpha \cdot c \cdot \rho}{k \cdot \nu} \quad (6)$$

Begründet durch die nachgewiesene Existenz einer Marsatmosphäre kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die in den Dgln. (4) und (6) auftretenden Parameter mit bestimmten und zukünftig auch exakt bestimmbar Größen vorhanden sind. Eine Überprüfung der Möglichkeit des Zustandekommens von zellulärer Konvektion anhand des Kriteriums nach (6) und (5) scheint damit gegeben. Jedoch müssen für die Erklärung der Erscheinungsform der sogenannten „Marskanäle“ als Projektion thermischer Zellenwandungen zwei weitere Voraussetzungen gelten: Es muß für die entsprechenden Areale ein diskreter Ruhezustand mit Ausschließung äußerer horizontal störender Kraftwirkungen eingetreten sein. Es müssen entsprechend große Staubmassen in der Atmosphäre vorhanden sein, deren Partikel so beschaffen sind, daß sie den konvektiven Strömungen folgen und daher mit ihnen von dem Zelleninneren in die Wandungen gelangen können.

Die Erfüllbarkeit der letztgenannten Bedingungen kann u. U. gestützt werden durch die interessanten Forschungsergebnisse der sowjetischen automatischen Stationen Mars 2 und Mars 3, die Messungen während des Sandsturms im Oktober vorigen Jahres und nach seinem Abklingen über demselben Gebiet durchgeführt haben. Auswertungsvergleiche der Messungen vom 27. Dezember 1971 und 16. Februar 1972 ließen Schlüsse auf den Konzentrationsgrad und die Größenordnung der Staubteilchen zu. Es wird der Teilchenradius mit weniger als ein Mikrometer ($1 \cdot 10^{-3}$ mm) eingeschätzt und die Konzentration mit 100 Millionen Partikel über einem Quadratzentimeter Planetenoberfläche angegeben.

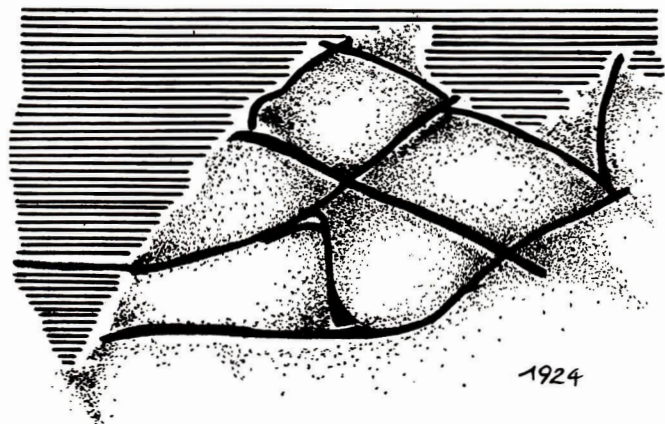
Danach nehmen die sowjetischen Wissenschaftler an, daß diese Staubteilchen sich für längere Zeit in ruhigem Schwebezustand gehalten haben müssen, voraus zu schlußfolgern ist, daß es während der Untersuchungsperiode keinen Sturm im Sinne anhaltender Winde gegeben haben kann. Nach Ansicht der sowjetischen Wissenschaftler treten die Aufwirbelungen nur in der Anfangsphase der Stürme auf, anschließend schweben die Staubwolken in einer relativ ruhigen Atmosphäre. Es wird außerdem in Auswertung der Messungen vermutet, daß der Marsstaub silikatischen Ursprungs ist.

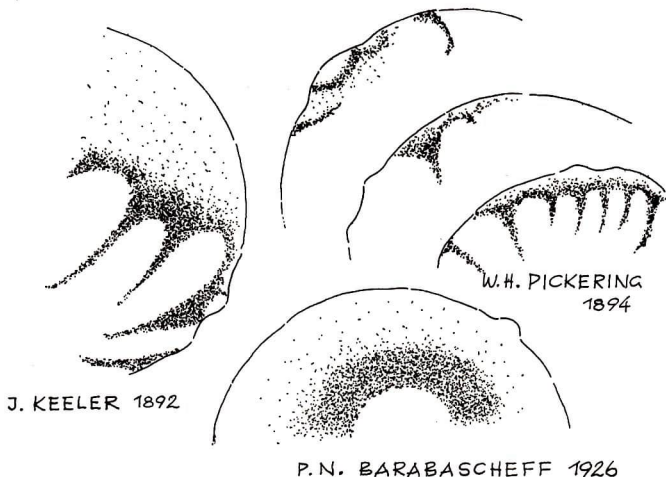
In diesem Zusammenhang wird eine neue Hypothese zu den sogenannten „Marsflecken“ bedeutsam, nach der ein Moskauer Astronom die Beobachtung stark an Eruptionen erinnernde helle Lichtflecken deutet. Der Moskauer Astronom zieht dabei u. a. für diese Erscheinung die Möglichkeit in Betracht, daß vertikale Spiegelflächen großer Dimension unmittelbar auf der Oberfläche des Mars vorhanden sind. Es liegt seitens des Verfassers die Vermutung nahe, daß es sich evtl. bei den angeführten Spiegelflächen um die vertikal orientierten Zellenwandungen handeln könnte, die mit silikatischen konzentrierten Staubmassen bei günstiger Konstellation von Sonne, Mars und Erde einen hohen Reflexionsgrad haben müssen.

Unter der Voraussetzung, daß das Erscheinungsphänomen „Marskanäle“ durch die Wirksamkeit der zellularen Konvektion gedeutet werden kann, ist die „Knotenbildung“ innerhalb der Kanal-kreuzungspunkte insofern erklärbar, als zwangsläufig hier eine zusätzliche Anhäufung von Staubmassen (u. U. auch Kondenseinschlüsse) aus mehreren Wandungen zusammenkommen muß, begünstigt durch Sogwirkung unterschiedlicher Abströmgeschwindigkeiten der zusammentretenden Zellenwände.

Bekanntlich sind die Wahrnehmungsphasen der Kanalbildung allgemein zeitlich sehr begrenzt, was aus dem Wechselspiel des Energietransports durch Strahlung und Konvektion erklärbar wird. Jedoch scheint es auch Bereiche zu geben, innerhalb derer von besonders günstigen Randbedingungen abhängenden Umständen der Zirkulationsprozeß langfristiger abläuft. Hierzu sei die Veränderung der Marslandschaft „Thaumasia“ und „Sonnensee“ nach den Beobachtungen von K. Graff aus den Jahren 1909 und 1924 angeführt. Besonders die Wahrnehmung vom Jahre 1924 läßt die sphärische Struktur der oberen Zellenbegrenzungen plastisch erscheinen und vermittelt den Eindruck von nach oben konvex gestalteten optischen Linsen. Die Mittenteile dieser Zellen bleiben nahezu völlig transparent, während in den zu den Zellenwänden orientierten Zonen durch zusammengeschobene Staubmassen der Einblick getrübt und mit zunehmender Vertikalrichtung bei Einmündung in die Wandungen völlig versperrt wird.

In Erweiterung der Auffassung über die örtlichen Verhältnisse um „Thaumasia“ scheinen die Unregelmäßigkeiten in Form von Ausbuchtungen bzw. Einsenkungen an der Lichtgrenze des Mars deuthar zu sein. Evtl. handelt es sich auch hier um langfristiger verlaufende thermo-dynamische Zellen-





bildung, zumal diese „Buckelbildungen“ durch Marsrotation in die sichtbare Planetenscheibe hineinbewegt wurden und als helle Flecken selbst am folgenden Tage noch erkennbar blieben. Im gleichen Zusammenhang damit sind wahrscheinlich die schattierten Eintrübungen und kommaartigen Kerbstrukturen im Bereich der Ausbuchtungen zu deuten. Dabei lassen erstere die nach den Zellenwänden hindrängenden Staubmassen und letztere die optisch versperrten Schrägeinblicke in die Wandungsebenen vermuten.

Literatur:

Diedrich Wattenberg: Mars, der rote Planet. Urania Verlag Leipzig/Jena 1956.

Heinrich Siedentopf: Grundriß der Astrophysik. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart 1950. Tagespresse.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung und Schluß.

Neue Positionen der Liste 1964

Banachiewicz

52 N

135 W

Tadeusz (1882 – 1954), polnischer Astronom, Mathematiker; Direktor des Krakauer Observatoriums; gründete die Krakauer Schule für Selenodäsie, entwickelte neue Methoden zur Bestimmung und Korrektur von Umlaufbahnen (Krakauer Kalkulation).

Boltzmann

56 S

124 W

Ludwig E. (1844 – 1906), österreichischer Physiker; Professor der Universität Wien; bewies das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz über die Strahlung eines schwarzen Körpers; Forschung über elektromagnetische Theorie; statistische Dynamik.

Enrico (1901–1954), italienisch-amerikanischer Physiker; Professor des Instituts für Kernforschung der Universität Chicago; Nobelpreis 1938; Forschungen über Kernphysik, über das Neutronenbombardement schwerer Elemente, thermische Neutronen; leitete die Konstruktion des ersten Atomkraftwerkes, erste sich selbst aufrecht erhaltende Kettenreaktion; statistisches Modell des Atoms; Neutrino-Theorie, kosmische Strahlen.

Sven A. (1865–1952), schwedischer Entdecker wenig bekannter Gegenden; führte einige Expeditionen nach Zentralasien durch, um meteorologische, geologische, zoologische, paläontologische und archäologische Informationen zu bekommen.

Jean B. P. A. de M. (1744–1829), französischer Naturforscher; brachte das Konzept der Evolution in die Biologie; wird für den Begründer der modernen Zoologie der Wirbellosen gehalten; unterschied als Erster auf Grund der Wirbelsäule zwischen Wirbeltieren und Wirbellosen.

Max K. E. L. (1858–1947), deutscher Physiker; Professor der Universität Berlin; Urheber der Quantentheorie, die er auch selbst weiter entwickelte; das Planck'sche Elementarquantum h wurde nach ihm benannt; Nobelpreis 1918; Forschungen über die Strahlung schwarzer Körper; Thermodynamik, Entropien-Theorie.

Lord (= Strutt, John W.) (1842–1919), britischer Physiker; Nobelpreis 1904; Forschungen über die Theorie von Schall, Licht und Farbe; physikalische Optik und Farbschen; entdeckte das Argon; studierte optische Streuung, zeigte damit, weshalb der Himmel blau ist.

Georg F. B. (1826–1866), deutscher Mathematiker; entwickelte neue nichteuklidische Systeme der Geometrie (Riemannsche Geometrie) und eine Theorie des Raumes, die eine geometrische Deutung der modernen physikalischen Theorie (z. B. Einsteins Arbeiten) gestattete; führte die Idee des endlichen, aber unbegrenzten Raumes ein.

Die Lichterscheinungen in der Erdatmosphäre

Dr. KARL SIGMUND

Die Astronomie ist die Lehre von der Materie im Weltall. Obgleich unsere Erde ein Planet, also ein Teil dieser Materie ist, gehören nur ihre Bewegungen im Raum zur Astronomie. Mit ihren sonstigen Eigenschaften und Zuständen beschäftigen sich andere Wissenschaften: die Geographie, die Geologie, die Geophysik, die Meteorologie und einige andere. Die Meteorologie dient der Erforschung und Erklärung der Vorgänge in der Atmosphäre unserer Erde. Hier begegnen sich oft Meteorologie und Astronomie. In den vergangenen Jahrtausenden mußten die Astronomen durch die Erdatmosphäre blicken, um die Materie des Weltraums sehen und erforschen zu können. Sie mußten sich daher auch mit den Eigenschaften der Atmosphäre beschäftigen, die sich in ihrer Mehrzahl durch unangenehme Einflüsse auf die Beobachtungsergebnisse der Astronomen bemerkbar machten. Abgesehen vom schlechten Wetter, wenn durch Nebel oder Wolken jede Beobachtung unmöglich ist, beeinflussen bestimmte Eigenschaften der Erdatmosphäre in Form der Refraktion, der Szintillation, der Extinktion und der Dämmerungserscheinungen, sowie die Helligkeit des Nachthimmels jede astronomische Beobachtung von der Erde aus. Darüber hinaus gibt es enge Verbindungen astronomischer Vorgänge mit Lichterscheinungen in unserer Atmosphäre, wie sie etwa die Sternschnuppen, die Nordlichter, und die leuchtenden Nachtwolken erzeugen.

Für jeden Astro-Amateur sollte es auch einen ästhetischen Genuß bedeuten, Lichterscheinungen, die in der Atmosphäre unseres Planeten ihre Ursache haben, zu beobachten, sie zu kennen und wenigstens eine ungefähre Vorstellung von ihren Entstehungsursachen zu haben, auch wenn sie eigentlich in das Gebiet der Meteorologie gehören. Von der Schönheit des Regenbogens singen die Dichter, und Mythen und Märchen erzählen von seiner Entstehung. Nur Sonntagkindern soll es vorbehalten sein, einen Goldschatz da zu

finden, wo der Regenbogen die Erde berührt. Die Sonntagskinder haben jedoch diese Goldsuche längst aufgegeben, weil sie bemerkt haben, daß sie den Regenbogen nie erreichen können. Heute weiß jeder, daß des Regenbogens Licht- und Farbenspiel ein Geschenk der Sonne ist, deren Licht sich an der Grenze Luft-Regentropfen bricht, im Inneren des Wassertropfens reflektiert wird und durch Interferenz des gebrochenen und reflektierten Lichtstrahls schließlich die herrlichen Farben bekommt.

Wer sich mit den oft sehr komplizierten Theorien der Entstehung der Lichterscheinungen in der Atmosphäre beschäftigen will, sei auf das ausgezeichnete Buch von Dr. Dietze „Einführung in die Optik der Atmosphäre“ [1] verwiesen. In vielen Einzelheiten bin ich bei den weiteren Ausführungen auch dieser ausgezeichneten Monographie gefolgt. Meine folgenden Hinweise sollen Anregungen sein, eigene Beobachtungen anzustellen, und mancher wird erstaunt sein, wie oft eigentlich solche Lichterscheinungen zu sehen sind. Ihre Beobachtung hat den Vorteil, daß sie meist bei Tage erfolgen kann, und der tägliche Weg zur oder von der Arbeit ist die beste Beobachtungszeit. Zur Beobachtung benötigen wir meist nichts weiter als eine gute und, wenn wir fehsichtig sind, eine für unser Auge korrigierte Sonnenbrille mit einer Lichtdurchlässigkeit von etwa 50 %. Es ist Wert darauf zu legen, daß es sich nicht um Farbläser, sondern um sogenannte Neutralgläser handelt, die nach Möglichkeit das Licht in allen Spektralbereichen gleichmäßig reduzieren. Ein Fachoptiker wird in jedem Fall eine fachgerechte Beratung übernehmen. Wer sich mit der Fotografie solcher Lichterscheinungen beschäftigen will, braucht allerdings neben seiner Kleinbildkamera ein gutes Weitwinkelobjektiv von 20–30 mm Brennweite oder einen speziell gebauten sphärischen Spiegel. Darüber ist Genaueres in Koldovsky, Fotografie in der Meteorologie [2], nachzulesen.

Der Regenbogen

Der Hauptregenbogen entsteht in einer Entfernung von 42° vom Gegenpunkt der Sonne. Daher ist ein Regenbogen bei einer Sonnenhöhe von 40° und darüber nicht mehr möglich. Es ist also unmöglich, in unseren Breiten im Hochsommer gegen Mittag einen Regenbogen zu sehen. Beim Regenbogen liegt Rot außen, Violett innen. Aus den obigen Gründen ist er bei tiefstehender Sonne am höchsten gewölbt zu sehen. Je größer die Regentropfen sind, denen er seine Entstehung verdankt, um so farbenprächtiger ist er. Deshalb ist er auch bei Gewitterschauern am späten Nachmittag eines Hochsommertages am prächtigsten.

Außer dem Hauptregenbogen gibt es den selteneren Nebenregenbogen, der in 51° vom Sonnengegenpunkt steht. Bei ihm liegt Rot innen, Violett außen. Von beiden sind aus verständlichen Gründen oft nur Teile zu sehen. Auch die Breite der Bogen und der einzelnen Farben kann je nach der Größe der Regentropfen verschieden sein.

An den Haupt- und Nebenregenbogen können sich bis zu 6 schwächer leuchtende, sekundäre Regenbogen anschließen. Sie liegen immer nur an der violetten Seite, also beim Hauptregenbogen innen, beim Nebenregenbogen außen und ihre Farbenfolge bleibt ihrem jeweiligen Bogen gleich. Das Gebiet zwischen Haupt- und Nebenregenbogen ist immer erscheinungsfrei. Manchmal können aber auch die sekundären Regenbogen von ihrem zuständigen Bogen durch Zwischenräume getrennt sein.

Regenbogen entstehen bekanntlich nicht nur im Regen, sondern auch im Sprühwasser eines Gartenschlauches, aus Beregnungsanlagen oder an Springbrunnen. Selbst betaute Wiesen und die Bugwelle eines Schiffes können ihn erzeugen. An Nebelwänden und beim Flug über Stratuswolken kann der farblose Nebelbogen entstehen, der allerdings leicht mit den kleineren Glorien zu verwechseln ist. Auch er kann sekundäre Nebelbogen haben, die dann eigenartigerweise die Spektralfarben, aber in umgekehrter Reihenfolge, Violett außen und Rot innen, zeigen. Nebelbogen entstehen vorwiegend in den frühen Vormittagsstunden, wenn sich die Nebel des Morgens auflösen beginnen. Sie sind oft so nahe am Beobachter, daß man den Eindruck hat, man könne sie greifen.

Auch der durch den Mond hervorgerufene Regenbogen ist fast farblos, was allerdings mit der Physiologie des Auges und der geringen Helligkeit in Zusammenhang steht. Bei geringen Helligkeiten treten nämlich die in der Netzhaut befindlichen farbempfindlichen Zäpfchen gegenüber den hell-dunkelempfindlichen Stäbchen zurück. Der Mondregenbogen ist meist in den Sommermonaten bei besonderen Wetterlagen sichtbar, da dann der Vollmond relativ tief steht. Auch der Mondregenbogen kann nur um den Gegenpunkt des Vollmondes entstehen, d. h., daß die Regenfront im Norden am Beobachter vorbeiziehen muß, da gegen Morgen oder nach Sonnenuntergang die Dämmerung die Lichterscheinung meist noch überdeckt.

Recht selten sind gespiegelte Regenbogen, die durch Spiegelung der Sonne auf großen, ruhigen Wasserflächen entstehen. Ihr Mittelpunkt liegt dann so hoch über dem Horizont, wie der Gegenpunkt der Sonne darunterliegt. Die gespiegelten Regenbogen schneiden aus geometrischen Gründen den zugehörigen Haupt- und Nebenregenbogen im Horizont und haben die Farbenfolge wie die zugehörigen Bogen.

Abb. 1: Haupt- und Nebenregenbogen und ihre gespiegelten Bogen (nach DIETZE [1]).

- H Hauptregenbogen
(Rot außen — — —
Violett innen — — —)
- H' gespiegelter Hauptregenbogen (Rot außen,
Violett innen)
- N Nebenregenbogen
(Rot innen, Violett
außen)
- N' gespiegelter Nebenregenbogen (Rot innen,
Violett außen)
- G Gegenpunkt der Sonne
(Mittelpunkt des Haupt-
und Nebenregenbogens)
- G' gespiegelter Gegenpunkt
der Sonne (Mittelpunkt
des gespiegelten Haupt-
und Nebenregenbogens)
- W Wasserfläche

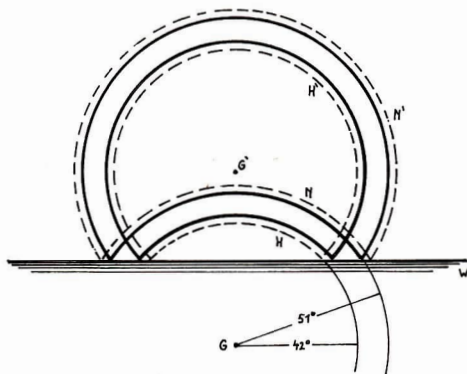
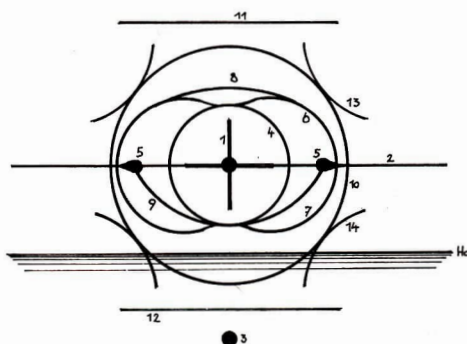


Abb. 2: Die wichtigsten Haloerscheinungen und ihre Lage zur Sonne (schematisch).

- Ho Horizont
- 1 Lichtsäule
- 2 Horizontalkreis
- 3 Untersonne
- 4 22°-Halo
- 5 Nebensonnen
- 6 oberer Berührungsbogen
- 7 unterer Berührungsbogen
- 8 Bogen von Parry
- 9 Bogen von Lowitz
- 10 46°-Halo
- 11 Zirkumzenitalbogen
- 12 Zirkumhorizontalbogen
- 13 oberer seitlicher Berührungsbogen
- 14 unterer seitlicher Berührungsbogen zum 46°-Halo



Die Halos

Während die Regenbogen nur an oder in Wassertropfen entstehen, haben die Halos ihre Ursache in der Brechung und Spiegelung an Eiskristallen. Ihr Name kommt aus dem Griechischen und hat die Bedeutung: Ring. Man faßt unter der Bezeichnung Halo heute meist alle Lichterscheinungen wie Ringe, Flecken und Streifen zusammen, die durch Brechung oder Spiegelung an Eiskristallen entstehen. Man beobachtet sie am häufigsten in dünner, gleichmäßiger Cirrus- oder Cirrostratusbewölkung. Die Brechungshalos sind farbig, die Spiegelungshalos sind weiß. Alle Halovorgänge spielen sich meist in den Regionen der Eiswolken, d. h. in größeren Höhen zwischen 6 und 8 km ab.

Die Spiegelshalos

Die Lichtsäule (1) tritt vorwiegend bei nur geringer Sonnenhöhe auf. Die Sonnenhöhe liegt meist unter 10° und überschreitet nie 30° . Der über der Sonne gelegene Teil ist häufiger als der unter ihr liegende. Der obere Teil ist umso kürzer, je höher die Sonne steht.

Der Horizontalkreis (2) ist weiß und meist sind nur Teile parallel zum Horizont durch die Sonne und die Nebensonnen sichtbar. Er wird daher auch als Nebensonnenring bezeichnet.

Die Untersonne (3) ist von Flugzeugen oder hohen Bergen aus sichtbar. Sie wird in gleichem Azimut wie die Sonne aber in negativer Höhe als Lichtfleck gesehen. Wie die Lichtsäule ist sie oft zu einem senkrechten Streifen ausgezogen.

Das Lichtkreuz. Ein durch die Sonne gehendes Stück des Horizontalkreises und die Lichtsäule können zusammen manchmal das Lichtkreuz bilden.

Die Gegensonne entsteht durch mehrfache Spiegelung an Eiskristallen. Sie befindet sich immer in gleicher Höhe wie die Sonne, jedoch an deren Gegenpunkt an der sichtbaren Himmelskugel.

Der schiefe Horizontalkreis ist sehr selten. Er verläuft keineswegs horizontal, sondern in seinem Namen soll nur die Ähnlichkeit in der Entstehung mit dem Horizontalkreis zum Ausdruck kommen. Die Erscheinung kann mannigfaltige Formen annehmen und ist bei ihrem seltenen Auftreten auch nur in Teilstücken sichtbar.

Die Brechungshalos

Der 22° -Ring, auch 22° -Halo, kleiner oder gewöhnlicher Ring genannt, ist die häufigste und bekannteste aller Haloerscheinungen. Er ist gewöhnlich weiß und hat manchmal einen rötlichen Innenrand. Der Außenrand ist meist sehr unscharf und der dort zu erwartende bläuliche Ton geht in der geringen Leuchtkraft und dem bläulich schimmernden Himmel unter. Auch auf der Erde kann dieser Halo auf dem Schnee gesehen werden, jedoch muß die Sonne eine geringere Höhe als 22° haben.

Die Nebensonnen (5) sind sehr leuchtkräftig und ihr Abstand von der Sonne vergrößert sich mit der Sonnenhöhe. Bei 22° Abstand von der Sonne leuchten die Nebensonnen am kräftigsten. An die Nebensonnen schließt sich jeweils ein leuchtender Streifen an, der in seiner Helligkeit schnell abnimmt. Die Nebensonnen stehen immer in gleicher Höhe wie die Sonne, rücken aber weiter von ihr weg und werden lichtschwächer je höher die Sonne steht, so daß sie bei einer Sonnenhöhe über 55° nicht mehr zu sehen sind. Die folgende Tabelle aus [1] zeigt den Abstand der Nebensonnen und die Länge ihrer Schweife nach den theoretischen Berechnungen. Meist werden aber die Schweife nicht so weit gesehen, da ihre Leuchtkraft rasch abnimmt und sie in der Helligkeit des Himmelshintergrundes untergehen.

Tabelle 1:

Sonnenhöhe	Winkelabstand von der Sonne	
	Nebensonnen	Schweifenden
0°	22°	$43,5^\circ$
10°	22°	$43,5^\circ$
20°	23°	$43,5^\circ$
30°	25°	44°
40°	28°	44°
50°	32°	45°
60°	45°	52°

Steht die Sonne im Horizont, so fallen die Nebensonnen mit dem 22° -Ring zusammen, bei einer Sonnenhöhe von 50° sind sie 32° von ihr entfernt. Wenn sie farbig sind, ist das Rot der Sonne zugewandt.

Obere und untere Berührungsbogen zum 22° -Ring (6,7)

Die Form dieser meist sehr farbenprächtigen Bogen ändert sich erheblich mit der Sonnenhöhe. Sie berühren den höchsten und den tiefsten Punkt des 22° -Ringes. Bei Sonnenhöhen über 30° schließen sich die beiden Berührungsbogen zum umschriebenen Halo oder elliptischen Halo zusammen (6 u. 7). Der umschriebene Halo ist sehr selten. Je nach der Höhe der Sonne erscheint er apfelförmig (bei Sonnenhöhen bis 45°) bis elliptisch (bei Sonnenhöhen über 45°). Bei hochstehender Sonne kommt es oft zu einer physiologischen Täuschung. Wegen der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes erscheint uns der umschriebene Halo als Kreis und der eingeschlossene 22° -Ring als eine Ellipse mit

senkrecht stehender Hauptachse. Der untere Berührungsbogen kann meist nur von Bergen und Flugzeugen aus gesehen werden. Der obere Berührungsbogen kann auch sichtbar sein, wenn die Sonne schon unter dem Horizont steht. Der umschriebene Halo tritt auch ohne 22°-Ring auf.

Der Bogen von Parry (8) ist ein leicht zur Sonne konkav gekrümmter Bogen oberhalb des oberen Berührungsbogens. Seine Enden berühren die beiden Teile des oberen Berührungsbogens tangential. Die Erscheinung ist sehr selten. Bei einer Sonnenhöhe von 49,1° fällt er mit dem 22°-Ring zusammen und ist von diesem nicht mehr zu unterscheiden. Er tritt immer mit dem 22°-Ring zusammen auf. In der folgenden Tabelle aus [1] ist der Abstand zwischen dem Scheitel des Parry-Bogens und dem Scheitel des 22°-Ringes im Sonnenvertikal angeführt.

Tabelle 2:

Sonnenhöhe	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Winkelabstand	21°	13°	7°	3°	1°	0°	0°	6°

Der Bogen von Lowitz (9) oder auch seitlicher Berührungsbogen zum 22°-Ring genannt, verläuft von den Nebensonnen bis zum unteren Teil des 22°-Ringes. Dieser seltene farbige Bogen entsteht durch Pendeln der Eiskristalle, und die Helligkeit der Nebensonnen wird dadurch zugunsten des Lowitz-Bogens geschwächt.

Der 46°-Ring (10) ist wesentlich seltener als der 22°-Ring und besitzt wie dieser einen rötlichen Innenraum. Meist ist er nur in Bruchstücken zu sehen und ist breiter, farbiger, aber auch lichtschwächer als der 22°-Ring. Er wird auch großer Ring genannt.

Der Zirkumzenitalbogen (11) liegt stets außerhalb des 46°-Ringes oder berührt ihn gerade und kann daher höchstens bis 46° an die Sonne herankommen. Die Sonnenhöhe beträgt im letzteren Falle 22°. Er leuchtet in reinen Farben und meist sind nur Teile des Bogens zu sehen. Niemals wird er ganz gesehen. Er kann nur bei einer Sonnenhöhe von 0° bis 32° entstehen.

Der Zirkumhorizontalbogen (12) ist das seltene Gegenstück zum Zirkumzenitalbogen. Er erscheint meist als Teil eines Horizontalkreises unterhalb der Sonne und kann höchstens bis 46° an diese herankommen. Bei einer Sonnenhöhe bis 68° liegt er der Sonne am nächsten. Aus verständlichen Gründen entsteht er über dem Horizont erst bei einer Sonnenhöhe von 50°.

Die seitlichen Berührungsbogen zum 46°-Ring (13, 14). Es gibt zwei untere und zwei obere seitliche Berührungsbogen zum 46°-Ring, die untereinander ähnliche Form und Lage haben. Bei steigender Sonne wandern die Berührungspunkte der unteren Bogen am 46°-Ring abwärts. Die Bogen treffen sich bei 60° Sonnenhöhe und bei 68° Sonnenhöhe vereinigen sich die Berührungspunkte. Bei 58° Sonnenhöhe bilden die unteren Berührungsbogen eine Gerade. Steht die Sonne höher, zeigt die hohle Seite, steht sie niedriger, zeigt die konvexe Seite zur Sonne. Die schwer zu beobachtenden oberen seitlichen Berührungsbogen schmiegen sich dem 46°-Ring dicht an. Bei steigender Sonne steigen auch die Berührungspunkte am 46°-Ring aufwärts, bei einer Sonnenhöhe von 12° treffen sich die oberen Berührungsbogen über dem Scheitel des 46°-Ringes, und bei 22° Sonnenhöhe fallen die beiden Berührungspunkte zusammen.

Die oberen und unteren Berührungsbogen zum 46°-Ring unterscheiden sich nur wenig vom Zirkumzenitalbogen bzw. dem Zirkumhorizontalbogen. Sie ähneln in ihrer Form den Berührungsbogen zum 22°-Ring.

Die Nebensonnen des 46°-Ringes sind sehr selten.

Seltene Brechungshalos. Selten kommen Ringe um die Sonne mit Radien zwischen 6° und 35° vor. Ihnen zugehörig können Berührungsbogen oder elliptische Halos entstehen.

Außergewöhnliche Nebensonnen treten sehr selten auf und können 98°, 120° und 134° von der Sonne entfernt entstehen.

Das Mondlicht und irdische Lichtquellen können die gleichen Halos bilden wie das Sonnenlicht. Auch an Eiskristallen, die auf der Erde liegen, können Halos entstehen. In ganz seltenen Fällen entstehen sie in Eis- oder Schneekristallen, die vom Wind hochgeweht wurden oder im Eisnebel der Polargebiete. Nebensonnen werden vorwiegend in den Nachmittagsstunden beobachtet. Da die Haloerscheinungen an Eiskristalle gebunden sind, ist die dabei auftretende Bewölkung meist der Vorläufer eines Wetterwechsels und die Haloerscheinungen sind häufig die ersten Boten einer Regenf front. Die Haloerscheinungen sind häufiger als man gemeinhin annimmt. Dietze gibt in [1] eine Tabelle, in der er die Ergebnisse einer 22jährigen Beobachtung eines Beobachtungsnetzes aufführt. Danach betrug die durchschnittliche Zahl der Tage mit Haloerscheinungen 221 je Jahr, d. h. von drei Beobachtungstagen waren zwei mit einer Haloerscheinung.

Meine eigenen Beobachtungen im Jahre 1969 zeigten, daß etwa an jedem dritten Sonnentag eine Haloerscheinung zu sehen war. Nun beziehen sich meine eigenen Beobachtungen nur auf die kurze Zeit meines Arbeitsweges, d. h. täglich jeweils zweimal viermal je sieben Minuten und nur auf die Tage an denen zum Zeitpunkt meines Arbeitsweges die Sonne schien. Leider kann ich keine genaueren Aussagen über die Häufigkeit der einzelnen Erscheinungen machen, da meine Unterlagen verloren gingen.

Eine spätere Arbeit soll sich mit den Kränzen, Glorien u. a. beschäftigen und die farbigen Dämmerungserscheinungen zum Inhalt haben.

Literatur:

[1] Dietze, Dr. Gerhard: Einführung in die Optik der Atmosphäre, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. G. Leipzig 1957. — [2] Koldovsky, Milan: Fotografie in der Meteorologie, Fotokinoverlag, Halle 1960. — [3] Bruß, H.-D./Sahlbrandt, D.: Erdatmosphäre (Reihe: Meyers Taschenlexikon) VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1965. — [4] Brockhaus ABC Naturwissenschaft und Technik (2 Bände) VEB F. A. Brockhaus Verlag Leipzig 1968, 9. Auflage. — [5] Schöpfer, Siegfried: Wie wird das Wetter? (Reihe: Kosmos-Naturführer) Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart 1960.

Hilfen zur „Reichweiten“-Bestimmung des Fernrohres (II)

HEINZ ALBERT

Bei der Prüfung des eigenen Fernrohres zur Bestimmung der mit Sicherheit noch zu erkennenden Sternhelligkeiten bereitet die Verwendung der Internationalen Polsequenz am Fernrohr neben den in Heft 3/72 genannten noch eine weitere Schwierigkeit. Die in der Karte (einschließlich Verzeichnis) gegebenen Sterne sind eine Auswahl all der im Fernrohr des gleichen Himmelsausschnittes sichtbaren. Das erschwert beim Beobachten die Orientierung, so daß oft erst nach mehrfachen Versuchen die richtigen Sterne vom Beobachter sicher erkannt werden.

Zwar ist gerade diese Schwierigkeit nicht unüberwindbar; trotzdem bevorzugen die meisten Beobachter eine Karte eines Himmelsausschnittes, in der möglichst viele der im Fernrohr sichtbaren Sterne enthalten sind. Eine solche liegt in der Karte der Zentralplejaden vor. Allerdings fehlen in dieser Karte ebenfalls noch einige Sterne, die bei der Beobachtung am Fernrohr erkannt werden können, ihre Zahl ist jedoch im Vergleich zur Polsequenz viel geringer.

Die in der Karte (4. Umschlagseite) enthaltenen 164 Sterne sind im Plejadenkatalog von K. GRAFF nach ihrer wachsenden Rektaszension und Deklination fortlaufend geordnet. D. h., von zwei Sternen gleicher Rektaszension trägt der mit geringerer Deklination die kleinere Ordnungszahl. Die Karte zeigt den Anblick im astronomischen Fernrohr.

Im Katalog werden nach der entsprechenden Ordnungszahl der Sterne sowohl die photographischen (Blau-) als auch die visuellen (Gelb-) Helligkeiten, der Farbenindex FI und der Spektraltyp genannt. Da wir bei unseren Beobachtungen jeweils einen gewissen Raumwinkel erfassen, müssen notwendig mit den Plejaden-Sternen auch Vorder- und Hintergrundsterne – sogenannte „Feldsterne“ – mit erfaßt werden, die nicht sofort als solche erkannt werden können, wenn die Beobachtungen lediglich zur Reichweitenbestimmung angestellt werden. Deshalb wurden die Mitglieder des Sternhaufens gesondert gekennzeichnet (+). Die Angabe des Abstandes jedes aufgeführten Sternes in Bogenminuten von η Tauri (Alkyone) dient in der Hauptsache der Bestimmung des Gesichtsfeldes oder des Abbildungsmaßstabes auf photographischen Aufnahmen.

Wir machen die Benutzer des Katalogs darauf aufmerksam, daß die Karte der visuellen und die der photographischen Helligkeiten der Zentralplejaden auch bei VEHNENBERG in „Mein Messierbuch“ veröffentlicht wurden. Obwohl VEHNENBERG die gleichen Quellen angibt die auch wir benutzten, zeigt der Vergleich der visuellen Helligkeiten bei einigen Sternen Differenzen, die hier nachfolgend genannt seien.

Stern	vis. Helligkeit nach		Stern	vis. Helligkeit nach	
	GRAFF	VEHNENBERG		GRAFF	VEHNENBERG
88	4 ^m 22	3 ^m 81	382	6.76	7.83
228	8 ^m 72	8 ^m 27	385	11.93	11.95
243	10 ^m 86	10 ^m 68	397	10.58	11.49
374	12 ^m 92	12 ^m 72			

Bei den Sternen 228 und 243 sind infolge der vertauschten Ziffern der Dezimalstellen unkorrigierte Druckfehler bei VEHRENBURG nicht auszuschließen. Denkbar wäre diese Ursache auch bei den Sternen 374 und 385. Jedoch bei den Sternen 88, 382 und 397 kommen solche Gründe kaum in Betracht. Nach gründlicher Prüfung der zur Verfügung stehenden Unterlagen ist es nicht gerechtfertigt, die von uns benutzten GRAFFschen Werte anzuzweifeln. Der Bearbeiter dankt Dr. S. MARX und den weiteren an der Fehlersuche beteiligten Fachastronomen der Universitätssternwarte der Friedrich-Schiller-Universität Jena für die freundliche Unterstützung.

Schließlich weisen wir die Leiter der Fachgruppen und Arbeitsgemeinschaften darauf hin, daß der Katalog der Zentralplejaden sich auch für theoretische Diskussionen sehr gut eignet.

Überträgt man die Haufenmitglieder in ein Farben-Helligkeits-Diagramm (FHD), dann lassen sich vielfältige weitere Aussagen über die Objekte machen, die aus den Angaben des Katalogs nicht sofort zu entnehmen sind, wie z. B. Radius, Masse, mittlere Dichte der Sterne und Alter des Sternhaufens. Bekanntlich läßt sich ein FHD mit einem HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramm (HRD) zur Deckung bringen, da ja von den Mitgliedern des Sternhaufens etwa einheitliche Entfernungen zur Erde angesetzt werden dürfen. Das ermöglicht dann auch ohne vorherige Kenntnis der absoluten Helligkeiten dieser Sterne, Aussagen zu machen über deren Leuchtkräfte und die Zugehörigkeit zu den Leuchtkraftklassen.

Der Katalog überdeckt Intervalle in Sterngrößenklassen im

— visuellen Bereich von $+2^m73$ (Stern 266) bis $+14^m06$ (Stern 163)

— photographischen Bereich von $+3^m28$ (Stern 266) bis $+13^m24$ (Stern 177).

Katalog der helleren Plejadensterne

Spalte 1: Bezifferung nach GRAFFS Plejadenkatalog (Astr. Abhandlungen Sternwarte Hamburg-Bergedorf, Band II, Nr. 3).

Spalte 2: Nach Katalog von BINNENDIJK (Annalen Leiden XIX/2, 1946) auf isophote $\lambda = 433$ nm bezogen.

Spalte 3: Visuelle Helligkeit nach KARL GRAFF.

Spalte 4: FI-Farbenindex aus $m_p - m_v$.

Spalte 5: Spektraltyp nach Katalog von BINNENDIJK bezogen auf Harvard-Spektralklassifikation.

Spalte 6: (+) bedeutet, Stern ist Mitglied des Plejadenhaufens; (–) bedeutet, Feldstern.

Spalte 7: V – veränderlicher Stern

d – Doppelstern

(!) – Spektrum stimmt nicht mit FI überein. Meist Spektraltyp-Veränderliche oder Doppelstern.

Spalte 8: Abstand des Sterns von Alkyone (η Tau) in Bogenminuten.

Nr.	m_p	m_v	FI	Sp.-T.	Haufen- mitglied	Be- merkungen	Distanz zu η Tau
75	+13.27	+11.54	+1.73	K 7	—	—	40'
77	11.70	11.21	+0.49	G 0	—	—	46'
79	12.46	11.76	+0.70	G 2	—	—	42'
82	12.17	11.48	+0.69	G 1	+	—	38'
84	5.33	5.77	–0.44	B 7	+	—	38'
85	13.19	11.43	+1.76	—	—	—	37'
86	13.20	12.59	+0.61	G 5 v	—	—	37'
88	3.52	3.81	–0.29	B 6	+	—	36'
90	11.61	10.97	+0.64	G 0	+	—	37'
92	11.03	10.49	+0.54	F 8	+	—	40'
94	13.48	11.79	+1.60	K 6	—	—	44'
96	12.80	12.09	+0.71	G 4	+	—	37'
98	8.86	8.80	+0.06	A 3	+	—	34'
101	11.51	10.93	+0.58	F 9	—	—	39'
102	13.47	12.62	+0.85	G 4	—	—	34'
103	4.10	4.61	–0.61	B 7	+	—	38'
104	12.98	11.79	+1.19	G 3	—	—	31'
109	13.74	13.08	+0.66	—	—	—	30'
110	11.16	10.74	+0.42	F 5	—	—	30'
117	8.20	8.37	–0.17	A 2	+	—	28'
123	13.93	12.57	+1.36	G 5	—	—	29'
123	13.74	13.04	+0.70	G 1	—	—	30'
125	8.90	8.88	+0.02	A 6	+	—	34'
127	12.57	11.90	+0.67	—	—	—	35'
129	10.75	10.28	+0.47	F 9	+	—	26'
130	7.20	7.55	–0.35	A 0	+	—	29'
132	10.25	9.89	+0.36	F 8	+	—	40'

Nr.	m_p	m_v	FI	Sp.-T.	Haufen- mitglied	Be- merkungen	Distanz zu η Tau
134	13.71	13.23	+0,48		—	—	32'
136	9.95	9.66	+0,29	F 2	+	—	27'
137	12.06	11.36	+0,70	G 5	+	—	31'
138	12.49	11.78	+0,71	F 8	—	—	26'
140	11.23	10.60	+0,63	G 0	+	—	25'
143	3.74	4.33	-0,59	B 7	+	—	28'
144	12.23	10.97	+1,26	G 5	—	—	30'
145	7.97	8.18	-0,21	A 1	+	—	23'
149	5.65	5.90	-0,34	B 8	+	—	34'
150	13.72	11.92	+1,80	K 5	—	—	23'
153	6.29	6.64	-0,35	B 9	+	—	32'
156	12.56	11.29	+1,27	K 0	—	—	20'
158	13.82	12.80	+1,02	G 5	+	—	33'
163	14.06	13.10	+0,96		—	—	37'
164	11.25	10.74	+0,51	F 6	—	—	19'
165	12.43	11.67	+0,76	G 5	+	—	36'
167	8.90	8.00	+0,90	K 1	—	d (!)	18'
168	13.69	13.18	+0,51		—	d	18'
169	13.86	13.11	+0,75		+	—	18'
170	8.18	8.26	-0,08	A 4	+	—	17'
176	4.06	4.61	-0,55	B 6	—	—	18'
177	13.71	13.24	+0,47		+	—	16'
179	11.08	10.60	+0,48	G 0	+	—	32'
180	13.62	12.71	+0,91	G 6	+	—	21
181	7.35	7.80	-0,45	A 0	+	—	17'
182	11.95	11.36	+0,59	F 9	—	—	24'
192	11.62	11.07	+0,55	G 1	—	—	19'
193	12.38	11.79	+0,59	G 0	—	—	13'
194	13.50	12.14	+1,36	K 2	—	—	20'
196	12.18	11.92	+0,26	A 8 v	—	d	15'
197	13.70	12.83	+0,87		+	—	14'
200	13.18	12.38	+0,80	G 5	—	—	19'
203	13.86	12.66	+1,20		+	—	13'
204	9.74	9.66	+0,08	F 4	—	—	11'
205	13.92	13.14	+0,78	G 0	+	—	19'
206	13.24	12.31	+0,93	G 5 v	—	—	12'
208	13.89	13.07	+0,82		—	d	14'
209	10.94	10.63	+0,31	F 2	—	—	16'
210	13.12	12.52	+0,60		—	d	17'
212	13.72	13.14	+0,58	F 8 p	—	—	19'
213	13.47	12.85	+0,62	G 1	—	—	29'
218	13.74	13.03	+0,71	F 9	—	—	19'
219	6.73	7.16	-0,43	B 9	—	—	26'
220	12.79	12.27	+0,52	G 4 p	—	—	7'
221	11.17	10.88	+0,29	A 0 v	+	(!)	18'
222	12.62	11.38	+1,24	G 7 p	—	—	15'
223	12.86	11.82	+1,04	G 6 p	—	—	10'
226	11.70	10.43	+1,27	G 9	—	—	32'
228	8.62	8.72	-0,10	A 4	+	—	9'
231	13.97	12.72	+1,25		—	—	26'
234	9.90	9.66	+0,36	F 4	+	—	11'
239	12.99	12.48	+0,51	G 0	—	—	6'
240	9.12	9.02	+0,10	F 5	+	—	3'
241	11.65	10.95	+0,70	G 2	—	—	17'
242	13.80	12.91	+0,89	G 9 v	+	(!)	17'
243	12.36	10.86	+1,50	K 2	—	—	12'
244	12.69	11.64	+1,05	G 4	—	—	21'
248	8.48	8.47	+0,01	A 3	+	—	3'
249	14.02	13.00	+1,02		—	—	7'
250	6.19	6.64	-0,45	A 0	+	—	2'
251	13.84	13.08	+0,76		—	—	2'
253	7.84	8.02	-0,18	A 2	+	—	29'
254	11.53	11.01	+0,52	F 5 v	—	—	33'
255	10.36	10.68	-0,32		+	d	11'
256	7.21	7.58	-0,37	A 0	+	d	11'
259	13.54	13.11	+0,43	G 3	—	—	24'
263	12.46	10.68	+1,78	K 7	—	—	27'
264	13.15	11.72	+1,43	K 0	—	—	20'
265	6.79	7.14	-0,35	B 9	+	—	11'
266	2.73	3.28	-0,55	B 7	+	—	0'
267	13.91	13.09	+0,82		—	—	9'
270	13.63	12.38	+1,25	G 8	—	—	24'

Nr.	m_p	m_v	FI	Sp.-T	Haufen- mitglied	Be- merkungen	Distanz zu η Tau
272	+11.90	+10.52	+1.38	K 7	—	(!)	26'
273	13.50	12.59	+0.91	G 3	—	—	7'
276	11.17	10.75	+0.42	G 0	+	—	16'
278	12.01	10.77	+1.24	K 2	—	—	7'
279	12.68	11.80	+0.88	—	—	—	4'
280	12.53	11.80	+0.73	—	—	—	3'
282	12.55	11.94	+0.61	F 8 p	—	—	11'
287	12.02	11.34	+1.28	G 5	—	—	10'
290	10.42	10.00	+0.42	F 9	+	—	11'
294	13.87	12.87	+1.00	G 5	—	—	18'
309	10.63	10.28	+0.35	G 0 p	—	d	7'
310	12.55	11.27	+1.28	K 3	—	—	15'
311	13.48	12.07	+1.41	G 5	—	—	8'
314	13.40	12.29	+1.20	G 8	—	—	9'
315	12.99	12.12	+0.87	F 9	—	—	24'
317	9.76	9.47	+0.29	F 5	+	—	9'
319	13.01	12.49	+0.52	G 2	—	—	17'
321	13.29	12.65	+0.64	F 8	—	—	12'
322	13.66	11.90	+1.76	K 6	—	—	12'
323	8.57	8.61	-0.04	A 6	+	—	16'
325	13.44	12.76	+0.68	G 1	—	—	16'
326	11.03	10.52	+0.51	—	+	—	29'
332	13.22	12.10	+1.12	G 9	—	—	12'
339	12.49	12.09	+0.40	—	—	—	18'
340	10.57	12.24	+0.33	F 9	+	—	14'
344	6.97	7.27	-0.30	A 0	+	—	20'
345	13.42	13.08	+0.34	—	—	—	24'
347	12.51	11.49	+1.02	G 2	—	—	17'
350	13.40	12.52	+0.88	G 2 v	—	—	19'
352	9.52	9.39	+0.13	F 6	+	—	16'
354	12.76	11.36	+1.40	K 4	—	—	23'
355	13.64	12.95	+0.69	G 1 v	—	VYZ Tau	17'
359	12.40	11.98	+0.42	F 7	+	—	27'
362	12.14	10.96	+1.18	G 5	—	d	22'
367	13.46	12.90	+0.56	F 3	—	—	22'
368	13.49	13.03	+0.46	F 9	—	—	22'
372	11.23	10.79	+0.44	F 9	—	—	37'
373	11.76	11.08	+0.70	G 4	+	—	21'
374	13.61	12.92	+0.69	G 4	—	—	20'
377	13.15	12.70	+0.45	F 8	—	d	33'
378	12.12	11.68	+0.44	F 8	—	—	20'
380	13.11	12.52	+0.59	—	—	—	25'
381	12.63	11.48	+1.15	G 9 v	—	—	20'
382	6.73	6.76	-0.03	F 0	—	—	25'
385	13.18	11.93	+1.25	G 8 v	—	—	24'
393	13.64	12.83	+1.81	—	—	—	23'
396	3.46	4.09	-0.63	B 8	+	d	23'
397	11.04	10.58	+0.46	F 9	+	—	39'
398	12.71	12.06	+0.65	G 2	—	—	27'
400	12.49	12.01	+0.48	G 0	—	—	20'
402	5.06	5.37	-0.31	B 8 p	+	V	23'
403	12.76	12.15	+0.61	K 2 v	—	(!)	25'
405	8.27	8.41	-0.14	A 3	+	—	27'
407	12.98	12.71	+0.27	F 5	—	—	33'
409	7.52	7.83	-0.31	A 1	+	—	30'
410	12.34	11.95	+0.39	F 5	—	—	31'
411	13.06	12.44	+0.62	G 2	—	—	27'
413	12.88	12.52	+0.36	F 2	—	—	26'
415	6.46	6.90	-0.44	B 9	+	—	31'
420	12.08	11.46	+0.62	G 2	+	—	31'
421	8.06	8.25	-0.19	A 2	+	—	28'
424	12.55	11.83	+0.72	G 5	—	—	32'
425	13.29	12.77	+0.52	G 0	—	—	30'
426	13.49	12.04	+1.45	K 3	—	—	30'
432	11.25	9.99	+1.26	K 0	—	—	42'

Amateure beobachten und berichten

Selbstbau von Teilkreisen für die einfache Montierung vom VEB Carl Zeiss Jena

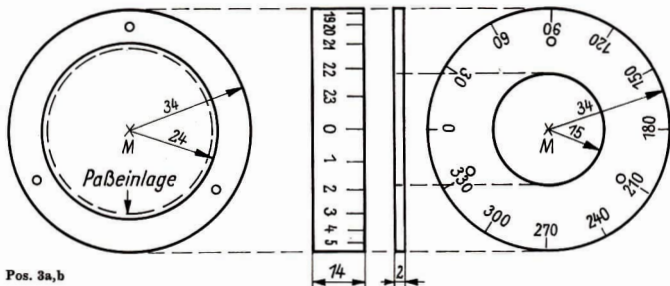
An vielen Schulen der DDR befinden sich auf Dreibein und mit einfacher Montierung aufgestellte Fernrohre. Nach Einführung des neuen Lehrplanes Astronomie für die 10. Klassen wollten einige Astronomielehrer wissen, wie sie diese Fernrohre neben den aus zentraler Lieferung angekündigten Meßfernrohren ebenfalls zur Messung an der scheinbaren Himmelskugel einsetzen könnten. Speziell war hier mit azimutal eingestellter Montierung an die Lösung der Beobachtungsaufgabe A3 gedacht, also an das Ausmessen von Azimut und Höhe der vorgegebenen Sterne. Gewiß läßt sich diese Aufgabe auch mit einfachen Winkelmeßgeräten lösen, doch ist unserer Meinung nach das Koordinieren der Bewegungen des Fernrohres mit dem umgekehrten Fernrohrbild erzieherisch und erkenntnistheoretisch besonders wirksam und eine unbedingte Voraussetzung für die späteren detaillierten Fernrohrbeobachtungen bei den Aufgaben A5, A7, A9 und A10. Doch auch bei parallaktisch eingestellter Montierung können schon für Aufgabe A1 die Beobachtungen erleichtert und vertieft werden, wenn der Lehrer mit dem Fernrohr als Visierlinie den Himmelsäquator überstreicht und mit Hilfe der Teilkreise von einem Stern mit bekannter Deklination und Rektaszension aus zur Anvisierung des Frühlingspunktes gelangt. Diese Überlegungen veranlassen uns – als einen unserer Beiträge zur Schulastronomie – den folgenden Vorschlag zum Selbstbau von Teilkreisen für wahlweisen Einsatz im Horizont- oder Äquatorsystem zu erarbeiten. Die Meßvorrichtung besteht aus insgesamt sechs Bauelementen und dreizehn Schrauben. Die sechs Bauelemente sind zwei Teilkreise und vier Zeiger.

Der Höhen- bzw. Deklinationskreis (Position 1; im Folgenden nur Höhenkreis genannt) ist ein einfacher paßgerecht gedrehter Ring (Stahl oder Aluminium), welcher mittels zweier M 3-Spitzenkasschrauben am Mittelteile der Montierung arretiert wird. Auf ihm ist eine Vollkreisteilung ($0^\circ \dots +90^\circ \dots 0^\circ \dots -90^\circ \dots 0^\circ$) als Zeichenkartonstreifen aufgeklebt. Die 2°-Einteilung kann mit Hilfe des Strahlensatzes erfolgen. Der Ring muß jedoch entsprechend seiner Breite bei der Marke $+90^\circ$ eine Aussparung für die Höhenklemmschraube erhalten. Zur Ablesung dienen zwei gleiche und um 180° versetzte Zeiger (Pos. 2), die mit je zwei M 3-Zylinderkopfschrauben an dem beweglichen Höhenachskopf befestigt werden.

Der Azimut- bzw. Rektaszensionskreis (Pos. 3; im Folgenden nur Azimutkreis genannt) besteht aus einem stärkeren, drehbar auf dem Polkopf aufsitzen den gedrehten Ring (Pos. 3a), auf den eine in der Mitte ausgebohrte Kreisscheibe (Pos. 3b) mit drei M 3-Senkkopfschrauben befestigt ist. Man kann natürlich die Positionen 3a und 3b auch aus einem Stück drehen lassen. Der Ring trägt außen die Rektaszensionseinteilung von links nach rechts laufend auf einem aufgeklebten Zeichenkartonstreifen. Die 10 min-Teilung wird wieder mit Hilfe des Strahlensatzes konstruiert. Die Azimuteinteilung in je 2,5 Grad und in Uhrzeigerichtung kann auf der Kreisscheibe mit einem Winkelmessers erfolgen. Beim Aufkleben mit Kittfix werden die Nullpunkte beider Teilungen übereinander gesetzt. Zur Einstellung der Nullpunkte der Azimutskala bzw. der Sternzeit (kulminierende Rektaszension) dient ein seitlich der Polhöhenkala mit zwei M 3-Zylinderkopfschrauben angebrachter Zeiger (Pos. 4). Außerdem ist zwecks Ablesung der mit dem Fernrohr eingestellten Azimut- oder Rektaszensionsgrößen am Stundenachsstutzen des Mittelteiles der Montierung parallel zum Höhenkreis ein Doppelzeiger (Pos. 5) wieder mit zwei M 3-Schrauben angebracht. Sämtliche Zeiger werden am günstigsten aus Messing oder Stahlblech angefertigt.

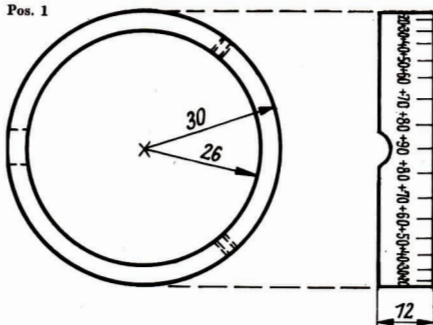
Zur Montage der vier Zeiger werden je zwei Löcher in den Polkopf links neben die Polhöhenkala, in den Stundenachsstutzen des Mittelteiles gegenüber der Stundenklemmschraube und im Rechten Winkel zu beiden Seiten der Fernrohrhalterung in den beweglichen Höhenkopf gebohrt und entsprechende Gewinde eingeschnitten. Der vom VEB Carl Zeiss Jena hier verwendete Werkstoff läßt sich leicht bearbeiten, so daß bei richtiger Wahl der Werkzeuge auch der Ungeübte kaum Schwierigkeiten haben wird. Es ist jedoch zu beachten, daß die Zeigerspitzen der Höhenzeiger (Pos. 2) nicht über das drehbare Teil hinausragen und die Schrauben des Doppelzeigers (Pos. 5) nicht über die Innenseite des Stundenachsstutzens hervorstehen.

Zur Montage des Höhenkreises (Pos. 1) muß vorher durch Lösen der drei Senkkopfschrauben am Umfang des Mittelteiles der Montierung der bewegliche Höhenachskopf (mit Fernrohrhalterung) herausgenommen werden. Nun kann auf das Mittel-

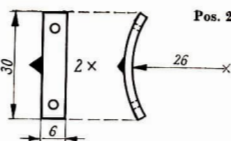


Pos. 3a, b

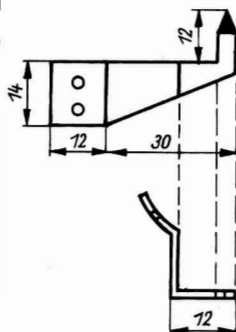
Pos. 1



Pos. 2



Pos. 4



Pos. 5

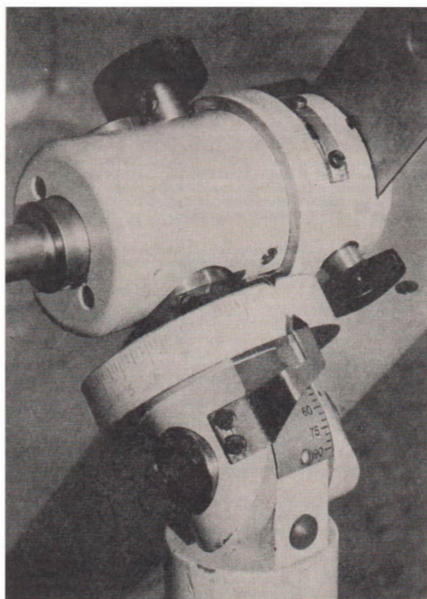
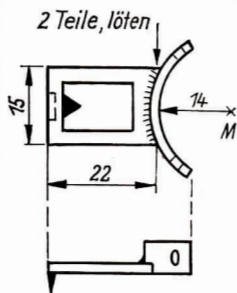


Abb. 1:
Foto der fertigen Montierung am Fernrohr.

teil der Höhenkreis straff so aufgesetzt und arretiert werden, daß die bei der $\pm 90^\circ$ -Marke liegende Aussparung des Ringes an der Höhenklammerschraube anliegt.

Dann paßt man durch eingeklebte Papier- oder Stoffstreifen den Azimutkreis (Pos. 3) auf den Polkopf so auf, daß ersieh nicht mehr leicht drehen läßt.

Zum Schluß werden die Skalen mit Nitrolack oder farblosem Latex griffest gemacht und die Zeigerspitzen geschwärzt. Zwecks schnellerer Umstellung der Montierung von der azimutalen (Polhöhe 90°) zur parallaktischen Einstellung (Polhöhe gleich geogr. Breite) empfiehlt es sich, die Doppellochschaube am Polkopf durch eine im Patentbetrieb gefertigte Flügel-schraube zu ersetzen.

Natürlich können diese Teilkreise auch wesentlich einfacher durch Zeichenkartonstreifen und Pappringe angefertigt werden. Dabei können die beiden Höhenzeiger durch geschwärtzte Einkerbungen ersetzt werden. Doch beim Anbringen der zwangsläufig von den Unterlagen abstehenden Nullpunkt- bzw. Azimut-Rektaszensionszeigern wird sich eine Ausführung aus Metall nicht vermeiden lassen, wenn die Einrichtung mehrere Beobachtungsabende überdauern soll. Unser aus Aluminium gefertigter Prototyp hat sich bei den unsere Sternwarte besuchenden Klassen bestens bewährt.

Fachgruppe Astronomie Magdeburg
Dipl.-Ing. JÜRGEN SCHAETZ

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Spektroskopie-Seminar in Apolda

Am 29. und 30. April 1973 fand in Apolda ein Seminar über „Spektroskopie in der Astronomie“ statt, zu dem der ZFA Astronomie eingeladen hatte. Das Interesse für das Seminar war recht groß, 50 FG-Mitglieder nahmen daran teil. Erfreulich war die beachtliche Zahl jugendlicher Teilnehmer. Bfr. Erich Bartl, Apolda, begrüßte die Seminaristen. Ihm und seinen Helfern ist es zu danken, daß die Veranstaltung in so ausgezeichnete Weise durchgeführt werden konnte. Von Anfang an war eine gute Arbeitsatmosphäre zu spüren. Günstig war auch, daß das Programm ausreichend Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch bot.

Über die „Physikalischen Grundlagen der Spektroskopie“ referierte Bfr. Dr. Marx (Univ.-Sternwarte Jena). In seinen Ausführungen ging er besonders auf die physikalischen Gesetze ein, die für das Verständnis der Spektralanalyse von Wichtigkeit sind. Die Anforderungen an die Teilnehmer waren dabei hoch, besonders was die mathematische Seite anbelangte. Auch wurden durch seine Ausführungen elementare Kenntnisse über die Atomphysik aufgefrischt. Es wäre jedoch möglich gewesen, die Ausführungen zu straffen, wodurch für die praktische Seite der Spektroskopie etwas Zeit gewonnen worden wäre.

Der nächste Vortrag (Dr. Pfau, Univ.-Sternwarte Jena) schloß sich mit seinem Inhalt über „Die Spektren der Sterne“ folgerichtig an den vorangegangenen an. Der Referent ging von der geschichtlichen Seite aus und zeigte dann in einer methodisch ausgezeichneten Weise, wie die Sternspektren entstehen und was daraus zu entnehmen ist. Die beiden Vorträge waren als theoretische Grundlage für das Seminar bestens geeignet.

Der dritte Vortrag (Bfr. Dipl.-Astronom E. Bartl) behandelte „Technik und Instrumente der Spektroskopie“. Der Referent erläuterte ausführlich, mit welchen Geräten heute besonders gearbeitet wird. Der Amateur lernte dabei die spektrographische Einrichtung des Karl-Schwarzschild - Observatoriums in Tautenburg kennen, was zwar interessant, aber für die eigene Arbeit wenig ergiebig war. Der das Tagesprogramm beschließende 4. Vortrag (ebenfalls Bfr. E. Bartl) über „Spektroskopische Möglichkeiten des Amateurs“ hätte mit dem vorangegangenen vereinigt werden können. Dieser letzte Vortrag entsprach völlig den Wünschen der Teilnehmer. Die eingestreuten praktischen Beispiele und ihre Auswertung waren ausgezeichnete Unterweisungen für den Amateur.

Der 2. Tag brachte eine Führung durch die Sternwarte des Bfr. E. Bartl. Besonders beeindruckt waren die Teilnehmer von dem großen Spiegelteleskop, das der Leiter selbst gebaut hat. Anschließend an die Führung sprach Bfr. E. Bartl zum Thema „Aufgaben und Methoden spektroskopischer Beobachtung durch den Amateur“. Leider kam dieses so wichtige Thema sicher aus Zeitgründen zu kurz, obgleich viele wertvolle Anregungen gegeben wurden. Auch der Erfahrungsbericht des Bfr. Junge, Jena, enthielt viele gute Hinweise. Die von ihm vorgestellten Geräte und Aufnahmen fanden großes Interesse und gaben zu mancher Frage Anlaß.

Der praktische Teil des Seminars konnte etwas breiter sein. So kamen z. B. die gemachten Erfahrungen der Sternfreunde zu kurz, auch die Diskussion über mögliche konkrete Aufgaben der Amateure. Vom Veranstalter wurde die Möglichkeit versäumt, Aufgabenstellungen vorzuschlagen, um zu einem späteren Zeitpunkt die Erfüllung dieser Aufgaben auszuwerten. Besonders interessiert hätten auch Hinweise für Bezugsmöglichkeiten von Bauteilen und Materialien sowie der Austausch von Bauanleitungen und Bauverfahren.

Abschließend möchte der Berichterstatter im Namen aller Teilnehmer den an der Vorbereitung und Durchführung des Seminars Beteiligten für ihre große Mühe danken. Es wäre zu wünschen, daß auch 1973 wieder ein solches Seminar durchgeführt werden könnte.

HELMUT BUSCH

Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, 7302 Hartha

Aus der Literatur

Neuer kurzperiodischer Bedeckungsveränderlicher

Am Maria-Mitchell-Observatorium wurde bei $\alpha(1900) = 18^h06^m47^s$ und $\delta(1900) = -21^\circ56'0''$ ein neuer kurzperiodischer Veränderlicher gefunden. Die Periode dieses Sternes beträgt nur 0,9541102 Tage. Der Stern hat eine scheinbare Helligkeit von 12 Größenklassen und fällt zum Zeitpunkt seines Minimums auf 12,65 Größenklassen ab.

Sm.

Neue Flare-Sterne im Oriongebiet

Innerhalb eines „Suchprogrammes“ nach Flare-Sternen wurden am Astrophysikalischen Observatorium in Abastumani 22 Flare-Sterne im Oriongebiet gefunden. Von diesen Objekten waren bisher nur 3 in Kataloge aufgenommen worden. Die Normalhelligkeit wurde nach dem Palomar Sky Atlas bestimmt, wenn die Objekte im Normallicht auf den Aufnahmen in Abastumani wegen zu geringer Helligkeit nicht abgebildet waren. Das von den sowjetischen Astronomen verwendete Instrument war ein 70 cm-Meniskusteleskop. In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten, photographischen Normalhelligkeiten und Flare-Helligkeiten gegeben.

$\alpha(1900)$	$\delta(1900)$	$m_{pg}(\text{normal})$	$m_{pg}(\text{Flare})$	$\alpha(1900)$	$\delta(1900)$	$m_{pg}(\text{normal})$	$m_{pg}(\text{Flare})$
5h25m16s	-7°02,8	17,7	16,5	5h29m08s	-5°01,4	21,0	15,7
5h29m19s	-4°49,2	18,1	15,8	5h29m04s	-5°29,0	15,3	13,7
5h28m52s	-4°56,2	16,6	16,0	5h29m58s	-6°30,8	17,9	17,0
5h28m43s	-5°57,0	15,6	14,7	5h27m45s	-4°02,2	17,0	16,0
5h27m08s	-4°33,6	16,1	15,3	5h30m55s	-6°33,0	17,1	14,6
5h28m16s	-5°03,7	17,0	15,9	5h31m34s	-6°30,2	16,9	16,2
5h30m46s	-7°12,9	16,7	15,4	5h33m35s	-7°03,3	18,0	16,2
5h26m30s	-5°09,7	17,3	16,5	5h29m41s	-4°21,8	17,9	16,1
5h22m20s	-4°16,9	18,1	16,9	5h29m01s	-6°21,9	18,9	15,5
5h24m08s	-5°44,3	16,8	16,0	5h30m57s	-6°44,9	17,7	14,5
5h26m58s	-4°27,2	17,9	14,6	5h26m08s	-4°08,9	16,8	16,1

Der größte Helligkeitssprung bei diesen 22 Objekten betrug 5,3 Größenklassen. Bei 9 Objekten lag der Helligkeitssprung unter einer Größenklasse, bei 7 Objekten zwischen 1 und 2 Größenklassen, bei 2 Objekten zwischen 2 und 3 Größenklassen, bei 3 Objekten zwischen 3 und 4 Größenklassen und einmal wurde ein Helligkeitssprung zwischen 5 und 6 Größenklassen beobachtet.

Die „Maximalhelligkeiten“ bei den Flare-Sternen liegen bei scheinbaren Helligkeiten, die mit Instrumenten der mittleren Größe erreichbar sind. Das Auftreten eines Sternes auf einer Aufnahme, die sonst keine Schwärzung zeigt, sollte also unbedingt gemeldet werden.

Sm.

Centaurus X-3 ein Bedeckungssystem?

Centaurus X-3 wurde als Röntgenstrahlungsquelle 1967 durch Raketenbeobachtungen entdeckt. Beobachtungen aus dem Jahr 1971 zeigten, daß mehr als 70% der im Röntgenbereich abgestrahlten Energie in kurzen Pulsen im 4,8 Sekundenintervall abgestrahlt werden. Weitere Beobachtungen ließen dann erkennen, daß etwa im 2-Tage-Rhythmus die Energie um etwa 99% absinkt. In diesem Minimum verbleibt die Strahlungsquelle für 0,5 Tage. Der Abstieg vom Maximum zum Minimum dauert etwa eine Stunde. Diese Beobachtungen legten die Vermutung nahe, daß es sich hier um einen Bedeckungsveränderlichen handelt. In der Tat konnte auch nachgewiesen werden, daß die Pulsperiode zwischen 4,836 und 4,840 Sekunden mit einer Periode von 2,08712 Tagen schwankt. Man nimmt daher heute an, daß die Röntgenstrahlungsquelle Mitglied eines Bedeckungsveränderlichensystems ist. Aus den Beobachtungen läßt sich abschätzen, daß der Bahnradius der Röntgenstrahlungsquelle etwa 0,1 Astronomische Einheit beträgt. Ferner muß der bedeckende Stern, der von der Strahlungsquelle umlaufen wird, eine ausgedehnte Atmosphäre haben, da die „Verdunklung“ nicht schlagartig vor sich geht, sondern etwa 1 Stunde in Anspruch nimmt.

Sm.

Der neue Mondkrater Selena

Eine große Explosion und einen Krater von 100 m Durchmesser verursachte ein Meteorit, der am 13. Mai 1972 auf den Mond traf. Sein Durchmesser betrug nur drei Meter. Der Meteorit schlug mit einer Wucht auf, die der Explosion von etwa 1000 Tonnen des Sprengstoffes TNT entsprechen soll. Die Berechnungen gehen auf Angaben der amerikanischen automatischen Mondbeobachtung zurück, welche die Apollo-14-Mannschaft Anfang 1971 im Fra-Mauro-Gebiet aufgebaut hatte. Aus den empfangenen Meßdaten wird gefolgert, daß die Aufschlagstelle nur etwa 15 bis 30 km von der Mondbeobachtung entfernt liegt. Nach dem Einschlag registrierten die Meßgeräte etwa eine Minute lang einen Geröllregen, der über dem Gebiet niederging. Es wird befürchtet, daß sich infolge des Einschlages eine Staubschicht auf die Instrumente der Beobachtung gelegt hat, wodurch sich die empfindlichen Geräte in der Sonne übermäßig erhitzen können. Nach Angaben von Dr. Gary Latham (Columbia-Universität) drängen die durch den Meteoriteinschlag erzeugten Bebenwellen bis in 905 km Tiefe vor. Dabei änderten sie mehrmals ihre Geschwindigkeit sowie einige ihrer charakteristischen Merkmale. Aus Analysen wurde

Fortsetzung S. 164

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewi. Herbert Plaffe

Schreitvorrichtungen für raumfahrttechnische Anwendungsgebiete

Dipl.-Ing. H. K. REMANE

1. Einführung

Der Stand der Arbeiten zur Entwicklung von Schreitvorrichtungen läßt sich gegen Ende des Jahres 1971 wie folgt definieren:

Der erste, von der Erde aus gesteuerte Informationsroboter (Lunochod) arbeitete vom 17. 11. 1970 bis 4. 10. 1971 erfolgreich auf der Mondoberfläche. Seit rund 10 Jahren beschäftigen sich Wissenschaftler und Techniker intensiv mit Konstruktionsmöglichkeiten für andere Fortbewegungsarten und -mittel. In jüngster Zeit sind Entwicklungen von Schreitvorrichtungen aus dem Institut für Steuerungstechnik Moskau und dem Motorfahrzeug-Forschungsinstitut Prag bekannt geworden, wobei sich zwei Entwicklungsrichtungen erkennen lassen:

- a) Es werden Möglichkeiten für ein räderloses Fortbewegungsmittel untersucht und Modelle getestet und
- b) wurden Fortbewegungsmittel nach dem Prinzip der schreitenden Räder entwickelt.

Grundlage für die Entwicklung von Schreitvorrichtungen bilden die Erkenntnisse der Bionik.

Der zukünftige Anwendungs- und Aufgabenkomplex von Schreitvorrichtungen sieht den Einsatz als

- Informationsroboter (Recherche, Erfassung und Übertragung von Informationen aus schwer zugänglichen Gebieten bzw. Räumen auf der Erde [einschließlich Tiefsee] und anderen Planeten) sowie als
- Transportmittel (Fortbewegen von Lasten unter ökonomischen Bedingungen) vor.

2. Fortbewegung von Lebewesen

2.1. Nutzen der Bewegungslehre

In der Definierung des Standes der Arbeiten wurde darauf hingewiesen, daß die Erkenntnisse der Bionik die Grundlage für die Entwicklung von Schreitvorrichtungen geben. Die Gesetzmäßigkeiten der Fortbewegung waren schon oft Forschungsgegenstand und die Bionik griff dieses Problem aus anderer Sicht erneut auf. Studien konzentrierten sich auf die Fortbewegungsformen der Tiere und Insekten (kriechend, schreitend, laufend, galoppierend, springend usw.) und außerdem auf die Fortbewegung des Menschen. Die Auswertung der Beobachtungsergebnisse ließ einen Zusammenhang zwischen Organisationsstufe und der Zahl der Beine eines Lebewesens erkennen. Je niedriger die Organisationsstufe des Lebewesens, desto höher ist die Zahl seiner Beine: Insekten 6 Beine, Tiere (Sohlengänger) 4 Beine, Mensch 2 Beine.

Diese Gesetzmäßigkeit muß also auch beim Entwurf von Schreitvorrichtungen berücksichtigt werden. Die Bewegungslehre der Lebewesen, speziell der Schreit- bzw. Gehvorgang des Menschen mit 2 Beinen (Schreitbein und Stützbein), beschreibt einen komplizierten biomechanischen Vorgang, dessen genaue Kenntnis für verschiedene Wissenschaftsgebiete von Bedeutung ist. Als Beispiel seien genannt:

a) Sportwissenschaft

Die Bewegungslehre dient der Bestimmung von Merkmalen, die die Qualität einer sportlichen Motorik kennzeichnen und ihrer Optimierung dienen können.

b) Raumfahrtmedizin und -psychologie

Die Bewegungslehre bildet die Grundlage zur Erforschung von Bewegungen im Zustand verminderter Schwerkraft (z. B. auf dem Mond) oder Schwerelosigkeit (Aufenthalt im freien Raum) und dient auch hier den Zwecken einer optimalen Ausführung von Bewegungsabläufen.

c) Raumfahrttechnik

Kenntnisse der Bewegungslehre und der biomechanischen Vorgänge werden es der Raumfahrttechnik ermöglichen, die für die Weltraumforschung nötigen Geräte zu entwickeln und bereitzustellen, dem Kosmonauten für Außenbordtätigkeiten und andere Arbeiten Hilfsgeschirre zur Verfügung zu stellen, die nach dem Prinzip der Biosteuerung arbeiten und ihm seine Tätigkeit somit erleichtern.

d) Medizinische Wissenschaften

Den komplizierten Bewegungsprozeß koordiniert das Zentralnervensystem. Es ist möglich, an der Art seines Ganges den psychischen Zustand eines Menschen zu erkennen. Durch Auswertung von Ichnogrammen, mittels Accelerometern und der Vektoralanalyse gewonnener Meßdaten lassen sich Unterschiede im Gang eines gesunden und eines behinderten Menschen herausfinden und danach [1] orthopädische Prothesen entwickeln, die die mechanische Funktion eines Gelenkes oder Gliedes übernehmen und die als informationsverarbeitende Systeme in den komplizierten Regelmechanismus, der den Gang ermöglicht, einbezogen werden können. Das stabile Aufrechtstehen eines Menschen (Abb. 1) wird durch eine antagonistische, d. h. aus Wirkung und Gegenwirkung zusammengesetzte Tätigkeit vorderer (Bauch-) und hinterer (Rücken-) Muskeln gewährleistet. Dabei ist es ihm nach [3] möglich, durch die von den Sinnesorganen in den Muskeln und Gelenken ausgehenden Informationen über die zur Zeit eingenommene Körperstellung, sich seine Lage im Verhältnis zur Erdoberfläche vorzustellen. Informationen zur Lageorientierung erhält das Gehirn auch durch die Sensibilität der Haut gegenüber mechanischen Reizen. So gehen z. B. beim Aufrechtstehen auch von der Haut der Fußsohlen entsprechende Signale aus.

2.2. Schreitvorgang des Menschen

2.2.1. Technik des Schreitens

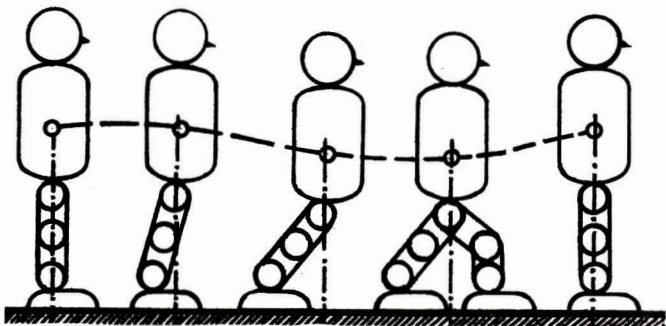
Mit der Technik des Schreitens beschäftigte sich erstmals J. A. Borelli [2]. Der Schreitvorgang läßt sich folgendermaßen beschreiben. Steht ein Mensch, so befindet sich sein Schwerpunkt über den Fußgelenken (Abb. 1). Bewegt sich der Schwerpunkt nach vorn, befindet sich aber noch innerhalb seiner Stützfläche (Fußfläche), kann der Mensch unter Kraftaufwand in den Fußgelenken auch noch stehen (Abb. 2). Der Mensch kippt erst, sobald sich sein Schwerpunkt außerhalb seiner Auflagefläche befindet (Abb. 3). Setzt er aber in diesem Fall ein Bein, das sogenannte Stützbein, vor, so liegt der Schwerpunkt wieder innerhalb der Auflagefläche (Abb. 4), wobei er sich durch den abgebremsten Fall nach vorn bewegt hat, nun etwas tiefer als in der Ausgangslage liegt und vor dem nächsten Schritt durch Muskelkraft wieder angehoben werden muß (Abb. 5). Während ein Bein steht, wird das andere bewegt. Die Beine stellen ein unausgeglichenes Massensystem dar. Die bei der Bewegung auftretenden Kräfte versuchen, den Körper zu drehen. Durch das Pendeln der Arme werden diese Kräfte automatisch wieder ausgeglichen.

2.2.2. Antriebsleistung

Die Antriebsleistung für den Schreitvorgang wird in den Beinmuskeln entwickelt. Der zum Schreiten erforderliche Leistungsaufwand steigt mit wachsender Geschwindigkeit an (Tabelle). Die Schreitarbeit besteht aus zwei Komponenten:

Gehleistung und Gehgeschwindigkeit

Gehleistung (Watt)	Gehgeschwindigkeit (km/h)
20	3
60	5
100	6
200	7



Oben: Abb. 1—5 von links nach rechts.

a) Der Schwerpunkt des Körpers muß periodisch gehoben werden und erfordert, um einen neuen Zyklus beginnen zu können, Hubarbeit.

Die Kraft, die somit das Schreiten in waagerechter Richtung ermöglicht, wirkt nach oben, weil der Schub, der durch das Abdrücken des Fußes am Boden hervorgerufen wird, gegen den Schwerpunkt des Körpers geführt werden muß. Beim langsamen Schreiten ist diese Richtung genau senkrecht, neigt er sich mit zunehmender Geschwindigkeit leicht nach vorn.

b) Zur Bewegung der Arme und Beine muß eine Beschleunigungsarbeit geleistet werden. Die Beschleunigungsarbeit geht bei dem unelastischen Stoß der Füße gegen den Boden verloren.

Die Untersuchung des Laufmechanismus auf der Erde hat gezeigt, daß die Muskeln jenes Beines, das am Ende eines jeden Schrittes einen Stoß vom Boden her erhält, gestrafft und aktiv sind und einen Teil der kinetischen und potentiellen Energie des Körpers in elastische Energie umwandeln. Kurze Zeit danach kehrt diese Energie erneut zurück, und zwar während des Schubes, der den nächsten Schritt einleitet.

Die Schubenergie wird nicht allein durch das Zusammenziehen der Muskeln erzeugt, sondern zu etwa 40 % auch von der elastischen Energie. Es scheint unmöglich zu sein, diese auf dem Mond entsprechend auszunutzen, weil dort der Prozeß der Zusammenziehung und Entspannung der Muskeln völlig anders abläuft.

Das Schreiten des Menschen ähnelt der Fortbewegung eines Eies über seine große Achse auf einer horizontalen Ebene (Abb. 6). Die vertikale Bahn des Eischwerpunktes bei einer halben Umdrehung ist mit der für das menschliche Schreiten charakteristischen Kurve vergleichbar. Dabei hebt bzw. senkt sich der Schwerpunkt des Körpers um 4—5 cm, und entsprechend verändert sich die potentielle Energie (Kurve 3). Die Fortbewegungsgeschwindigkeit ist nicht konstant, sondern schwankt zwischen einem Maximum und einem Minimum und diese Schwankung der kinetischen Energie kann als Funktion der wechselnden Schrittperioden, bzw. des Schrittzklus, berechnet werden.

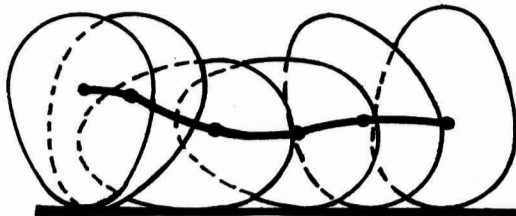


Abb. 6

Der Vergleich mit dem Ei stimmt nur insofern nicht, da ja das Ei bei keiner Umdrehung selbst Energie beisteuern kann. Die Erhöhung der potentiellen Energie muß vielmehr durch eine Verminderung der kinetischen Energie aufrechterhalten werden und umgekehrt. Stellt man ein Ei (Abb. 6) auf seiner großen Achse senkrecht, so kippt es unter Einwirkung der Anziehungskraft, einer von der Form seiner Schale bestimmten Bahn folgend und ist bestrebt, seine ursprüngliche Position wieder einzunehmen. Diese neue Lage wird aber nicht erreicht, da die Umformung der potentiellen in kinetische Energie und umgekehrt unvollständig ist, denn ein Teil wurde dazu verwendet, die Reibung zu überwinden. Würde man dem Ei in diesem Augenblick eine Energiezufuhr in Form einer nach oben gerichteten Kraft erteilen, die den Schwerpunkt in seine ursprüngliche Lage zurückversetzt, würde auf diese Weise der Ansatz zu einem neuen Zyklus gebildet.

2.2.3. Schreiten unter verminderter Schwerkraft

Jede volle Umdrehung eines Eies entspricht einem Schritt. Der Vergleich mit dem Ei läßt erkennen, daß die Fortbewegung von der Schwerkraft abhängig ist. Bei verminderter Schwerkraft (z. B. auf dem Mond) würde sich besagtes Ei zwar auch fortbewegen, aber zu einer vollen Umdrehung die 2,6-fache Zeit wie auf der Erde benötigen. Analog dazu benötigt ein Astronaut auf dem Mond auch für einen Schritt 2,6 mal so lange wie auf der Erde. Bei einer durchschnittlichen Schrittlänge von 90 cm, die ja von der Körpergröße abhängig ist, kann man dort nicht mehr als 1 km/h erreichen. Da die aufgewendete Arbeitsenergie während des Gehens vor allem der Schwerkraft entgegenwirken muß, verhält sie sich proportional dem Körpergewicht, und weil dieses Gewicht im Vergleich zu dem der Erde 16,5 % ausmacht, beträgt der Energieaufwand für die Fortbewegung auch nur 16,5 %, bezogen auf die Weglänge.

Um auf der Mondoberfläche wie auf der Erde laufen zu können, d. h. mit einer aufwärts wirkenden Schubkraft, die für jeden Schritt gleich dem Gewicht des Körpers ist, muß man die aufzuwendende Kraft auf ein Sechstel ihres irdischen Wertes vermindern. An Energie wird dann ebenfalls nur ein Sechstel der auf der Erde notwendigen Energie verbraucht, und daher ist der Lauf theoretisch weniger

anstrengend. Die Geschwindigkeit für das Laufen wird aber ebenso begrenzt sein wie für das Gehen. Geringere Anziehungskraft vermindert die Schrittfrequenz. Nach Berechnungen kann man in der Minute etwa 100 m zurücklegen, wenn die Reibung mit dem Boden sehr gering ist und die Schubrichtung fast in der Senkrechten erfolgt. Als Höchstgeschwindigkeit ergibt die Berechnung 13 bzw. 5 km/h.

Soll eine höhere Geschwindigkeit erreicht werden, ist es mit Gehen und Laufen nicht mehr getan: Man muß springen! Auf dem Mond ist das leicht zu verwirklichen, weil dort die Muskelkraft den Widerstand des Körpergewichts übertrifft. Deshalb nehmen Astronauten auf dem Mond eine ähnliche Körperstellung wie Kängurus auf der Erde ein. Ein Sprung erfordert um so mehr Zeit, je höher er ist, und dadurch wird die Frequenz begrenzt. Je stärker aber der Schub ist, um so größer wird auch seine horizontale Komponente sein und folglich auch die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung. Mit solchen Sprüngen kann man dieselbe Geschwindigkeit wie bei einem Fußmarsch auf der Erde erreichen.

Bei einem Schnellauf wird die Schrittfrequenz, die auf der Erde sehr hoch ist (bis auf 300 Schritte pro Minute), auf dem Mond viel kleiner sein, denn das Durchlaufen einer Parabel dauert bedeutend länger. Das Ergebnis einer zeitweiligen Kraftanstrengung oder einer bestimmten Anzahl Schübe pro Minute, d. h. also die Größe der Bewegung, wird auf dem Mond viel geringer sein. Eine gleiche Geschwindigkeit wird daher in einer längeren Zeit erreicht werden.

2.3. Andere Fortbewegungsvorgänge

Hierbei seien als Prototyp die Raupen (z. B. der Spanner) genannt. Sie bewegen sich folgendermaßen: Das Schwanzteil wird eingezogen, die Raupe krümmt sich, streckt sich blitzartig und fällt auf die Vorderbeine. Durch das Krümmen hebt die Raupe ihren Schwerpunkt an und mit geringem Energieaufwand leitet sie den Fall ein. Für erstentwickelte Schreitvorrichtungen nach diesem Prinzip war typisch, daß zuerst ein oder mehrere Beine (Stützen) vortraten, die den ganzen Körper nachzogen. Den Schritt machten also zuerst die Beine und danach wurde erst der Schwerpunkt der ganzen Vorrichtung verlagert. Dieser Vorgang ähnelt aber mehr dem Kriechen als dem Schreiten.

Das genaue Kopieren der Bewegung einer Raupe mit technischen Mitteln wäre zu umfangreich und damit unökonomisch geworden. Für das Bionik-Konzept ist außerdem nicht das exakte Kopieren typisch, sondern das schöpferische Übertragen wesentlicher Erkenntnisse aus der belebten Natur auf technische Konstruktionen mit analogen Funktionen. Bei späteren Konstruktionen wurde das Bionik-Konzept berücksichtigt und das Problem völlig anders gelöst.

3. Schreitvorrichtungen mit Rädern

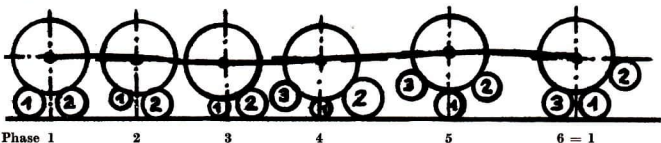
Die Antriebsenergie für das Gehen wird in den Beinmuskeln entwickelt, also in den Organen, die die Leistung auf dem Boden überträgt. Übertragungsverluste entfallen und dieser Vorzug soll möglichst bei der Schreitvorrichtung mit Rädern, oder besser ausgedrückt, bei dem Prinzip der schreitenden Räder erhalten bleiben.

3.1. Schreitprinzip und funktioneller Aufbau

Das Prinzip der schreitenden Räder beruht auf exakter naturwissenschaftlicher Basis, hat seinen Ursprung in den unter Punkt 1 und 2 genannten Erkenntnissen. 1961 wurde von den Mitarbeitern des Motorfahrzeug-Forschungsinstituts Prag eine neue Art der Fortbewegung, die den Gang des Menschen zum Vorbild hat, zum Patent angemeldet. Das Prinzip sieht vereinfacht folgendermaßen aus:

Am Umfang einer Felge (Abb. 7) nehmen wir an, sollen sich die Luftschläuche 1 und 2 gleichen Durchmessers befinden und die Felge auf ihnen ruhen. Der Schwerpunkt der Felge liegt genau in der Mitte

Abb. 7



der Berührungslinie der beiden Schläuche in Ruhestellung (Phase 1). Mit Abnahme des Druckes im Schlauch 1 nimmt auch sein Durchmesser ab (Phase 2) und der Schwerpunkt kippt um die Berührungsfläche vom Schlauch 2 mit der Unterlage ab und schließlich berührt Schlauch 1 die Unterlage (Phase 3), wobei sich der Schwerpunkt nach links unten bewegt. Druckerhöhung im Schlauch 2 führt zur Erweiterung seines Durchmessers und der Schwerpunkt kippt in den Berührungspunkt von Schlauch 1 mit der Unterlage (Phase 4) bis ein weiterer Schlauch, Schlauch 3, auf der Unterlage aufliegt. Weitere Druckerhöhung im Schlauch 2 führt zur Erweiterung seines Durchmessers und der Schwerpunkt des Rades wird um die Berührungsfläche zwischen Schlauch 3 und der Unterlage geschwenkt (Phase 5), bis der Schwerpunkt dieselbe Höhe erreicht hat, die er in der Ausgangslage der Schläuche 1 und 2 hatte (Phase 6 identisch Phase 1).

Bei Anbringung von 12 Schläuchen kann die Anzahl dieser Zyklen sehr klein und annähernd gleichförmig gestaltet werden, und ein Rad kann praktisch schreiten. Charakteristisch für den Bewegungsvorgang mit derartigen Kammerreifen ist die jeweilige Druckänderung innerhalb der Kammer. Haben die Kammern keine Bodenberührung, wird der Druck lediglich zur Gestealterhaltung benötigt. Bei Bodenkontakt steigt der Druck an. Zunächst tragen zwei Kammern das Rad. Eine davon hat die Hauptlast aufzunehmen und mit der Schwenkbewegung steigt dann der Druck in der Kammer an. Steht der Schwerpunkt des Rades genau über der Kammer, trägt sie das Rad allein. Weiteres Ansteigen des Druckes führt dazu, daß im weiteren Verlauf der Schwerpunkt durch die Kammer noch angehoben werden muß. Der Druck erreicht also ein Maximum und fällt dann wieder auf den ursprünglichen Wert ab. In der CSSR wurde unter der Leitung von Dipl.-Ing. Julius Mackerle ein funktionsfähiges Modell mit Vierradkammerreifenantrieb entwickelt, dessen Räder durch die auf dem Umfang angeordneten 12 wurstförmigen Luftkammern schrägverzahnten Stirnrädern ähneln. Dieses Modell arbeitet mit Druckluft. Die Rahmenrohre des Modells dienen als Leitungssystem über die automatisch mittels Druckluftflasche abwechselnd der unterschiedliche Druck in den Kammern erzeugt wird. Die Druckbewegung des Rades öffnet und schließt die Ventile und gewährleistet einen kontinuierlichen Ablauf. Nach einer Notiz in der Presse [4] soll die bisher erreichte Geschwindigkeit 19 km/h betragen. Der Wirkungsgrad eines derartigen Systems entspricht aber, wie anzunehmen ist, im Augenblick noch nicht den Idealvorstellungen. Weitere Probleme bilden die Erzielung der für die Fortbewegung notwendigen Drucksteigerung, die auch durch Wärmezufuhr von außen erreicht werden könnte, und weiterhin werden elastische Werkstoffe, die auch hohe Temperaturen aushalten können, gefordert.

3.2. Einsatz von Schreitvorrichtungen mit Rädern

Das beschriebene Prinzip enthält Ansatzpunkte einer Realisierung. Der Einsatz als Informationsroboter kann sich auch auf den Mond erstrecken. Diese Antriebsart eignet sich u. a. für geländegängige Fahrzeuge, da relativ große Griffigkeit mit geringem Bodendruck gepaart ist. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, daß durch dieses Prinzip das Gebiet der Entwicklung von zukünftigen Kraftfahrzeugantrieben allgemein befruchtet wird. Bei den vorhandenen konventionellen Kfz.-Antrieben werden die Antriebskräfte, d. h. die Drehmomente, fast ausnahmslos an den Stellen im Kfz. erzeugt, an denen sie nicht direkt zum Antrieb eingesetzt werden können. Sie werden u. a. über Getriebe einem oder mehreren Antriebsrädern zugeführt und dort als Umfangskräfte wirksam. Alle diese Weiterleitungsvorgänge sind wirkungsgradbehaftet und dadurch wird die erzeugte Antriebskraft nie hundertprozentig ausgenutzt. Das vorgeschlagene Prinzip, in dem der Kammerreifen zugleich den Antriebsmotor darstellt, bietet somit für künftige Entwicklungen neue Ansatzpunkte. Nachteilig im Augenblick ist, daß die Reifen den Umgebungseinflüssen ungeschützt ausgesetzt sind. Die Entwicklung der Raketentechnik bietet aber in der Perspektive Möglichkeiten der Herstellung neuer elastischer Werkstoffe, die bei der Verwirklichung dieser Idee genutzt werden können.

4. Räderlose Schreitvorrichtungen

Unter Leitung von Prof. Georgi P. Katys wurde am Institut für Steuerungstechnik auf der Grundlage der Fortbewegung des Menschen durch Schreiten eine räderlose Schreitvorrichtung konstruiert.

Wie aus Abbildungen ersichtlich, besteht die Schreitvorrichtung aus folgenden Baugruppen:

1. Traverse (in Form einer zylindrischen Schiene)
2. Hauptsteuerblock mit Forschungsapparatur (in diesem Block ist das Hauptgewicht der Schreitvorrichtung konzentriert)
3. Zwei Dreibeinstützen (zusammenlegbar).

4.1. Schreitprinzip

Sowohl der Hauptsteuerblock als auch die Stützen sind entlang der Traverse verschiebbar angeordnet und können an jedem beliebigen Punkt festgeklemt werden. Während des Schreitvorgangs bewegt sich der Hauptsteuerblock zum Ende der Traverse. Infolge des dadurch entstandenen Übergewichtes hebt sich die gegenüberliegende Dreibeinstütze und die Traverse wird herumgeschwenkt. Diese Vorrichtung verlagert ständig ihren Schwerpunkt nach dem in 2.2. erläuterten Schreitvorgang, also abwechselnd auf Schreit- und Stützbein, bewegt sich dadurch schrittweise vorwärts und kann somit Hindernisse leichter überwinden als Räderfahrzeuge. Durch das beschriebene Anheben der gegenüberliegenden Dreibeinstütze ist es weiterhin möglich, auch Anhöhen zu beschreiten. Ein Panorama-auge tastet die Umgebung ab und veranlaßt Wendungen.

4.2. Einsatz räderloser Schreitvorrichtungen als Informationsroboter

Vorerst hat diese Schreitvorrichtung eine irdische Bestimmung erhalten. Nach Abschluß der Labortests kann sie zunächst in allen schwer zugänglichen Gebieten und unterschiedlichen Bereichen auf der Erde und künftig auch auf dem Mond sowie auf Planeten operieren und dabei z. B. Messungen der Temperaturen und der Oberflächenbeschaffenheit anstellen. Weiterhin kann sie auch in Bereichen radioaktiver Strahlung tätig sein. Je nach Aufgabenstellung lassen sich Schreitvorrichtungen mit verschiedenen Apparaturen und Analysatoren im Hauptsteuerblock ausrüsten, mit denen sie die von ihnen beschrittene Oberfläche auf einen bestimmten Streifen untersuchen, evtl. auch Proben entnehmen, Landschaften vermessen und fotografieren. Dabei werden die zu untersuchenden Streifen auf einem Fernsehbildschirm als gewöhnliche Bilder wiedergegeben. Da derartige Schreitvorrichtungen hohe Manövrierfähigkeit und Stabilität in sich vereinen, können sie Treppen und Spalten überwinden und sich auch auf zerklüftetem Gelände bewegen, wo andere Vorrichtungen stehen bleiben. Beim Überwinden ebener Flächen besteht die Möglichkeit, bei der Fortbewegung höhere Geschwindigkeiten zu erreichen, indem die Dreibeinstützen modifiziert und gegen Radgestelle ausgetauscht werden. Somit läßt sich das Prinzip des Schreitens mit dem Prinzip des Rollens verbinden. Muß die Vorrichtung wieder auf Schreiten umgeschaltet werden, so läßt sich dies über den steuerbaren Mechanismus der Radaufhängung bewerkstelligen. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß die Struktur des zu untersuchenden Oberflächenstreifens durch die Dreibeinstützen nicht zerstört wird, während Räder und Raupen eine Spur bilden. „Am Modell des Schreitroboters“ so berichtete Prof. Katys [4] „konnten wir eine interessante Tatsache feststellen: Die Überwindung des Bodenwiderstandes und die Fortbewegung über Risse und Spalten verursacht der Schreitvorrichtung nur minimale Energieverluste.“ Die Steuerung kann über Draht, aber auch drahtlos erfolgen.

5. Perspektive

Der Informationsroboter vom Typ Lunochod 1 legte während seiner Tätigkeit auf der Mondoberfläche 10540 Meter zurück, untersuchte 80000 Quadratmeter Oberfläche detailliert, übertrug 200 Panoramaaufnahmen, 20000 Fotos und analysierte an 500 Punkten der Fahrtstrecke die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Mondoberfläche. Zukünftige Lunochods oder andere Planetenmobile könnten nach den in diesem Beitrag erläuterten Prinzipien arbeiten. Sowjetischen Presseveröffentlichungen zufolge, wird an einer weiteren Vervollkommnung der Systeme zur automatischen Erforschung des Weltalls gearbeitet. Man spricht von künftigen „lunaren Transportfahrzeugen“ und Robotern, die mit unterschiedlichen mechanischen Manipulatoren operieren werden. Verschiedene Methoden dazu sind bereits detailliert begründet worden [6]. Weitere Fortschritte lassen sich bei Ausstattung derartiger Vorrichtungen mit Mittel- und Langwellensendern erreichen. Somit könnten Funkverbindungen über Entfernungen gewährleistet werden, die die Weite der Funksicht bedeutend überschreiten. Eine Ausstattung mit Speichern wird es ermöglichen, Bewegungsprogramme zu übermitteln, die Kurs und Bestimmungspunkte festlegen. Auf Grund dieser Angaben gewährleisten Bordnavigations- und Steuerungsinstrumente die selbständige Bewegung der Vorrichtung auf einen vorgegebenen Punkt und das selbständige Umgehen von Hindernissen, ohne vom vorgeschriebenen Kurs abzuweichen. Derartige Eigenschaften sind bei Erforschung der Mondrückseite erforderlich. Zur Informationsübermittlung ist der Einsatz von Mondsatelliten unumgänglich. Die Erforschung der Planeten, z. B. des Mars, mit Schreitvorrichtungen erscheint möglich. Unterschiede gegenüber den auf dem Mond einsetzbaren Vorrichtungen ergeben sich aus den Entfernungen. Während auf der Strecke Erde-Mond-Erde das Funksignal 2,6 Sekunden Laufzeit benötigt, sind es auf der Strecke Erde-Mars-Erde 28 Minuten. Diese Laufzeit wirkt sich natürlich auf die Steuerung aus, d. h. Marsfahrzeuge

müssen autonomer arbeiten können, z. B. einen Computer an Bord haben, der eine Situation selbständig beurteilt und Entscheidungen trifft, die Fahrtroute korrigiert und entsprechende Befehle an das System der Steuerung gibt.

Der Einsatz von Schreitvorrichtungen als Transportmittel wird ebenfalls in verschiedenen sowjetischen Presseveröffentlichungen diskutiert. Dieser „Schreitlastkraftwagen“ trägt noch Forschungscharakter. Er soll 1,5 Tonnen wiegen, seine Länge und Breite betragen rund 3 Meter und er ist mit einem 90-PS-Kraftwagenmotor versehen, der eine Hydropumpe zur Speisung der Hydromotoren für die Mechanismen der langen, fast zweieinhalb Meter messenden Beine der Maschine antreibt. Jedes Bein ist ein dreigliedriger Hebel. Die Bewegung jedes Gelenkes erfolgt durch besonderen Antrieb. Gesteuert werden alle diese Bewegungen vom Menschen, der in einer Kabine im Mittelteil des Fahrzeugs, ähnlich dem unter 4. genannten Hauptsteuerblock, sitzt. Diese Vorrichtung soll bis 500 kp tragen und eine Geschwindigkeit von 10 km/h erreichen können.

Die Zahl der Entwürfe, Modelle und Konstruktionen von Schreitvorrichtungen ist groß. Nicht alle Vorschläge und Ideen werden sich realisieren lassen. Letzten Endes entscheiden darüber die technische Reife des Prinzips und die Wirtschaftlichkeit.

Literatur:

[1] Beier, Walter und Glaß, Karl: „Bionik – eine Wissenschaft der Zukunft“. Urania-Verlag, Leipzig-Jena-Berlin. 1968 Seite 108. – [2] Borelli, J. A.: „De Motu Animalium“ Pars Prima, Editio Altera, Roma 1686, Tab. XIV., dtsh. Übersetzung von M. Mengerhausen: „Die Bewegung der Tiere“. Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig 1927. – [3] Leonow, A. A.; Lebedew, W. L.: „Der Mensch im Weltall“. Urania-Verlag, Leipzig-Jena-Berlin 1969, S. 27 ff. – [4] „Freie Welt“ Nr. 10/1971. – [5] „Nedelja“ Nr. 6, 1971. – [6] Prof. Dr. Iwan Artobolewski in „Bild der Wissenschaft“, Nr. 4/1971.

1975 Sojus-Apollo-Kopplung

Das sowjetisch-amerikanische Weltraum-Abkommen

HORST HOFFMANN

Am 24. Mai 1972 unterschrieben der Vorsitzende des Ministerrates der UdSSR, Alexej Kossygin, und der Präsident der USA, Richard Nixon, in Moskau ein Abkommen über die Zusammenarbeit ihrer Staaten im Weltraum. Diese Kosmos-Kooperation soll sich vorwiegend auf 6 Komplexe erstrecken:

1. Kosmische Meteorologie, 2. Erforschung der Umwelt, 3. Untersuchung des erdnahen Weltraumes, 4. Erforschung des Mondes und der Planeten, 5. Kosmische Biologie und Medizin, 6. Weiterentwicklung des Weltraumrechts.

Der Vertrag hat eine Gültigkeitsdauer von 5 Jahren und kann auf Einigung beider Seiten verändert und verlängert werden.

Die Zusammenarbeit erfolgt durch Austausch von wissenschaftlichen Informationen und Delegationen, durch Organisation von Treffen von Wissenschaftlern und Spezialisten aus beiden Ländern, sowie in anderen Formen.

Um die Sicherheit der bemannten Raumflüge zu erhöhen und gemeinsam wissenschaftliche Experimente ausführen zu können, vereinbarten beide Seiten Arbeiten zur Schaffung von vereinheitlichten Mitteln zur Annäherung und Kopplung von Raumschiffen und Raumstationen der UdSSR und der USA. Für 1975 ist der erste Experimentalfly zur Prüfung solcher Mittel vorzunehmen, bei dem die Kopplung eines Apollo- und eines Sojus-Schiffes mit gegenseitigem Überwechseln von Astronauten und Kosmonauten vorgesehen ist. Zunächst soll von Kap Kennedy ein Apollo-Aggregat mit 2 Astronauten auf eine 184 km hohe Erdumlaufbahn gebracht werden, die über Baikonur führt. Ein bis zwei Tage später wird dann ein Sojus-Schiff mit 2 Kosmonauten vom sowjetischen Kosmodrom gestartet und in eine 80 km höhere Umlaufbahn eingesteuert. Während eines eintägigen Manövers soll dann die Andockung und Kopplung erfolgen. Nach 48 stündigem gemeinsamen Flug werden die Systeme wieder getrennt und setzen ihre Forschungen noch etwa 1 Woche fort.

Welt-Wetter-Wacht mit heißem Draht

Mit der Moskauer Kosmos-Konvention vom Mai 1972 werden Bemühungen fortgesetzt, die bereits vor 10 Jahren begannen. Schon im Juli 1962 kam es auf sowjetische Initiative zu einer Vereinbarung zwischen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der USA-Weltraumbehörde NASA, die von Prof. Dr. Blagonrawow und Dr. Dryden unterschrieben wurde. Ihr Inhalt bezog sich auf:

- Errichtung von Zentren der Welt-Wetter-Wacht in Moskau und Washington, die durch einen direkten Fernschreibkanal verbunden sind (1963 eingerichtet);
- Austausch von Daten der Wettersatelliten (1963 begonnen);
- Verbindung zwischen der sowjetischen Station Simenki und dem britischen Observatorium Jodrell Bank über den passiven amerikanischen Nachrichtensatelliten Echo 2 (21. Februar 1964 durchgeführt);
- Gespräche über Möglichkeiten der Zusammenarbeit beim Start von Erdsatelliten und interplanetaren Sonden.

In den vergangenen beiden Jahren fanden eine Reihe von Beratungen zwischen Wissenschaftlern und Technikern der UdSSR und der USA statt, deren Ziel es war, Möglichkeiten der Kooperation im Kosmos zu klären und positive Ansätze zu aktivieren. Diese Gespräche wurden 1970 durch einen Briefwechsel zwischen dem Präsidenten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR Prof. Dr. Mstislav Keldysch und dem damaligen Direktor der NASA Dr. Thomas O. Paine eingeleitet und heute durch Experten-Gruppen weitergeführt. Auf dem XXI. Internationalen Astronautischen Kongreß im Oktober 1970 in Konstanz erlebte ich, wie diese Problematik erstmals öffentlich zur Diskussion stand.

1970 — erste Runde in Moskau

Noch im gleichen Monat, am 27. und 28. Oktober 1970, trafen sich in Moskau Vertreter der sowjetischen Akademie und eine 5köpfige Delegation der amerikanischen Weltraumbehörde NASA, um die Gespräche über eine Zusammenarbeit vorzubereiten. Hierbei wurden Verfahrensfragen behandelt und die gemeinsame Entwicklung kompatibler Koppelgeräte vereinbart. Das Kommuniqué der Beratung enthält drei Hauptkomplexe („Inveravia“ 3/1971):

Kompatible kosmische Koppelgeräte

1. Beide Parteien einigen sich darüber, daß folgende Fragen weiter untersucht werden müssen;
2. Passive Reflektoren für Funkführung und optische Führungssysteme, die Art ihrer Anbringung, ihre Charakteristiken;
3. Aspekte des Funkführungsgeräts, das Signale ausstrahlt und empfängt;
4. Anbringung und Charakteristik von Beleuchtungsanlagen zum Ankoppeln;
5. Anbringung und Charakteristik von Referenzmarken, die das Ankoppeln erleichtern;
6. Koordinierung der beim Ankoppeln verwendeten Referenzsysteme;
7. Anlagevorrichtung, innerer Tunnel sowie elektrische, pneumatische und hydraulische Kupplungen;
8. Kupplungen und Verbindungen der genannten Art für Raumandige und das an Bord von Raumfahrzeugen mitgeführte Gerät; Abmessungen von Luken; Möglichkeiten, Luken falls notwendig von außen zu öffnen;
9. Charakteristik der Kabinenatmosphäre;
10. Sprechfunk- und Kodeübermittlungssysteme;
11. Anlageverfahren;
12. Begrenzte Verwendung von Druckgasdüsen, Sonnenbatterien und anderen Elementen, die das Anlegen beeinträchtigen könnten.

Bildung von Arbeitsgruppen

Die Gesprächspartner einigen sich darüber, wie eine weitere Zusammenarbeit durchgeführt werden könnte. Insbesondere kamen sie überein, einen Austausch technischer Fragen, die die Punkte 1, 2, 3, 9 und 10 betreffen, vorzunehmen. Im März oder April 1971 sollten erstmalig Arbeitsgruppen zusammentreten, die die Liste der möglichst kompatiblen Systeme vervollständigen sollen. Wird hierbei ein Übereinkommen erzielt, erstellt jede Seite zunächst unabhängige Systementwürfe. Diese sind schließlich von Vertretern beider Länder zu begutachten und es ist festzustellen, welche weiteren Schritte zu unternehmen sind, um eine völlige Kompatibilität zu erzielen.

Zur Vorbereitung der für März oder April geplanten Treffen werden drei Arbeitsgruppen gebildet, die abwechselnd in den USA und der Sowjetunion zusammentreten.

Austausch von Mondgestein

Knapp drei Monate später fand vom 14. bis 18. Januar 1971 in Moskau ein zweites Treffen statt, an dem eine sowjetische Gruppe unter Führung von Akademiepräsident Prof. Dr. Keldysch und eine amerikanische unter Leitung des amtierenden NASA-Direktors Dr. George M. Low teilnahm. Im Schlußkommuniqué wurde bekanntgegeben, daß die Partner eine zukünftige Zusammenarbeit auf folgenden 6 Gebieten vornehmen wollen:

1. Weltraumforschung, 2. Forschung mit Wetterraketen, 3. Austausch von Daten über Weltraumbiologie und -medizin,
4. Technik zur Untersuchung der Umweltbedingungen, 5. Verbesserung des Systems zum Austausch von Wetterdaten,
6. Austausch von Mondbodenproben.

Am 10. Juni 1971 trafen sich drei sowjetische und drei amerikanische Forscher im Hauptgebäude der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und tauschten Mondgestein aus. Dr. Lee Scherer von der NASA übergab den Gastgebern 6,1 Gramm Proben des Mondbodens, den 1969 die Besatzungen von Apollo 11 und 12 mitgebracht hatten und erhielt 3,1 Gramm Mondgestein, die von dem Automaten Luna 16 aus dem Jahre 1970 stammen; am 13. April 1972 wurden 2 Gramm Mondgestein von Luna 20 gegen 1 Gramm von Apollo 15 getauscht. Von 8. bis 12. Mai trafen sich in Washington Experten der UdSSR und der USA unter Leitung von Dr. William O'Bryant, Direktor der Mondforschung des Apollo-Programms, und Dr. J. P. Klyenko von der Geodätischen und Kartographischen Abteilung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, um eine gemeinsame Mondkarte herzustellen.

1971 zweite Runde in Houston

Vom 21. bis 25. Juni 1971 beriet eine 19köpfige sowjetische Forschergruppe unter Führung von Prof. Dr. Boris N. Petrow, Mitglied des Präsidiums der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Vorsitzender des Rates für internationale Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums, „Interkosmos“, in Houston/Texas mit einer amerikanischen Abordnung unter Leitung von Dr. Robert Gilruth, Direktor des Zentrums für bemannte Raumflüge der NASA, über die Entwicklung kompatibler Rendezvous- und Kopplungssysteme für Raumschiffe und -stationen. In einer Verlautbarung

heißt es, eine Studie über den Test eines Kopplungssystems würde auf der Annahme beruhen, daß das erste derartige Experiment ein Rendezvous eines amerikanischen Apollo-Raumschiffs mit einer bemannten sowjetischen Salutstation sein könnte, dem unter Umständen die Kopplung eines Sojus-Schiffes der UdSSR mit einer Skylab-Station der USA folgt.

Die Experten studierten die technischen Anforderungen für die dafür notwendigen Vorrichtungen, für Funkgeräte, optische Geräte, Übermittlungs-, Lebenserhaltungs- und Umsteigeanlagen. Auch wirtschaftliche Studien sind vorgesehen. Es wurde festgelegt, auf der nächsten Konferenz ein Pflichtenheft für diese Problematik zu erstellen.

Dritte Verhandlungsrunde in Moskau

Im Oktober 1971 tagte in Moskau zum ersten Mal die sowjetisch-amerikanische Arbeitsgruppe für Raumfahrtmedizin unter Vorsitz von Dr. N. N. Gursinsky vom Gesundheitsministerium der UdSSR und Dr. Charles A. Berry, Chefarzt des bemannten Raumfahrtzentrums der NASA. Eine weitere Zusammenkunft gab es vom 12. bis 18. Mai 1972 in Houston, auf der die Ergebnisse der medizinisch-biologischen Untersuchungen an Bord der Apollo- und Sojus-Raumschiffe sowie der Salut-Orbitalstation ausgetauscht und ein Programm für die nächste Zusammenkunft festgelegt wurde.

Vom 29. November bis 6. Dezember 1971 fand in Moskau die dritte Runde einer Reihe von Gesprächen über die Konstruktion und die Erprobung von Andockungssystemen statt. Die gemeinsame Erklärung betonte, daß bei der Definition der technischen Erfordernisse für vereinbarte Systeme in künftigen Raumschiffen sowie bei der Planung möglicher gemeinsamer Testflüge Fortschritte zu verzeichnen seien.

Mitarbeiter der NASA unterbreiteten in einer 240 Seiten umfassenden Studie technische und terminliche Vorschläge für gemeinsame Experimente im Jahre 1975. Eine der Varianten hat folgenden Zeitplan:

10. Juni Start einer unbemannten sowjetischen Salut-Station auf eine kreisähnliche Bahn in etwa 300 Kilometer Höhe;
 11. Juni Start eines bemannten Sojus-Schiffes von Baikonur;
 12. Juni Kopplung des Raumschiffes Sojus mit der Orbitalstation Salut und Umstieg der Kosmonauten;
 14. Juni Start eines bemannten amerikanischen Apollo-Schiffes von Kap Kennedy;
 15. Juni Kopplung des USA-Raumschiffes mit der UdSSR-Raumstation;
 - 16./17. Juni gemeinsame Arbeit der sowjetischen und amerikanischen Weltraumflieger, wobei der Austausch zwischen den Mitgliedern der Salut-Sojus-Mannschaft und dem Apollo-Team in einem Wechsel von 3 mal 3 Stunden erfolgt.
- Nach der Abkopplung der Apollo-Kapsel setzen die beiden Systeme ihren Flug noch 14 Tage getrennt fort.

Luftschleuse im Korridor

Der Entwurf sieht einen Adapter vor, durch den das Sojus-Salut-System mit dem Apollo-Schiff verbunden wird. Dieses zylindrische Zwischenstück, das auch für eine direkte Kopplung Sojus/Apollo geeignet wäre, hat eine Länge von 2,70 Meter, einen Durchmesser von 1,40 Meter und eine Masse von 1,8 Tonnen. Es ist an der Spitze der Apollo-Kapsel angebracht und wird mit dieser gemeinsam von einer Saturn 1 B-Rakete in den Orbit befördert. Dieses Verbindungsstück hat 3 Hauptfunktionen zu erfüllen:

Erstens spielt der ringförmige Anlage-Adapter mit seinem Dockungs-Mechanismus die Rolle einer „Koppelmutter“ für die feste Verbindung der Salut-Station mit dem Apollo-Schiff, wobei die räumliche Anordnung folgendermaßen aussieht: Sojus-Salut-Adapter-Apollo.

Zweitens erfüllt das röhrenförmige Verbindungsstück mit seinem Druckausgleich-System die Funktion einer „Luftschleuse“ zwischen den unterschiedlichen Kabinen-Atmosphären. Die von Apollo besteht aus reinem Sauerstoff, bei einem Druck von 266 Millimeter der Quecksilbersäule in Meereshöhe; die Verhältnisse in Sojus und Salut hingegen sind mit 70 Prozent Stickstoff und 30 Prozent Sauerstoff, bei einem Druck von 760 Millimeter der Quecksilbersäule, den irdischen sehr ähnlich.

Drittens dient der tunnelförmige Zylinder mit seinen Luken als „Korridor“ für den Verkehr zwischen den Kosmonauten und Astronauten. Er verfügt über einen „Kleiderschrank“ für die Raumanzüge, eine „Speisekammer“ mit Notvorrat an Nahrungsmitteln und Getränken und ein „Telefon“ in Gestalt einer Sprechfunkanlage.

Rettung aus Raumnot

Die NASA ist an gemeinsamen Experimenten zwischen 1974 und 1976 auch deshalb interessiert, weil ihr Programm mit der Apollo-17-Mond-Mission am 6. Dezember 1972, sowie mit den drei Skylab-Orbitalflügen im Mai, Juli und Oktober 1973 vorläufig zu Ende geht und vor 1977/78 kaum mit dem Einsatz des Space-Shuttles als Raumgleiter zu rechnen ist.

Auf die Motive der USA-Regierung für den Abschluß solcher Abkommen wie dem über Zusammenarbeit im Kosmos trifft die Einschätzung zu, die der sowjetische Publizist Juri Nikolajew kürzlich in der „Meshdunarodnaja shishn“ gab:

„Wenn die amerikanische Seite in den letzten zwei bis drei Jahren ihre frühere nichtkonstruktive Haltung in bezug auf die meisten internationalen Probleme und die Fragen der bilateralen Beziehungen beibehält, so unternahm sie zugleich gewisse Anstrengungen dahingehend, günstigere Bedingungen für einen sachlichen Meinungsaustausch und für die Normalisierung der Beziehungen mit der Sowjetunion zu schaffen. Die Erkenntnis, daß dies notwendig ist, hat sich in breiten Kreisen der USA-Bevölkerung und der internationalen Öffentlichkeit durchgesetzt, weil seine positiven Ergebnisse sowohl den Interessen beider Länder entsprechen als auch dazu beitragen würden, brennende internationale Probleme zum Wohl der ganzen Menschheit zu lösen.“

Die Verwirklichung des sowjetisch-amerikanischen Weltraumvertrages insbesondere die Normierung und Standardisierung der Rendezvous-Kopplungs- und Dockungsvorrichtungen, der Luken und Schleusen an Raumschiffen und -stationen sowie der Versorgungseinrichtungen von Raumanzügen sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Wirksamkeit eines Raumrettungsdienstes im Sinne des UNO-Vertrages. Nur bei einer Einigung über diese Fragen wird es möglich sein, daß ein „Rettungsboot“ an ein havariertes Raumschiff anlegt und Hilfe bringt. Standardisierte Luken und Schleusen erlauben es überhaupt erst, bei „Raumnot“ einen „Schiffbrüchigen“ an Bord zu nehmen; bzw. Lebensmittel, Wasser und Treibstoff umzuladen.

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond I

Dr. E. HANTZSCHE

Fortsetzung und Schluß von Teil I

Schon vorher, ab $139,75^\circ$, wird die sekundäre Bahn hyperbolisch. Schließlich erreicht die Sonde beim Startwinkel von $137,12^\circ$ streifend die Mondoberfläche, immer noch rechtläufig den Mond umfliegend, wobei das sekundäre Perigäum auf nicht weniger als 320 Tsd. km ansteigt. Wenn ψ_1 noch kleiner wird, trifft die Sonde den Mond, bei $136,51^\circ$ stürzt sie senkrecht auf die Mondoberfläche, d. h. es wird $r_{22} = 0$. Dabei tritt sie bei einem selenozentrischen Winkel von $331,53^\circ$ in die Wirkungssphäre ein. Bei einer weiteren Verringerung von ψ_1 vergrößert sich r_{22} wieder, und bei $\psi_1 = 135,90^\circ$ streift die Sonde im Periselenum wieder die Mondoberfläche, doch fliegt sie nun auf einer rückläufigen Bahn um den Mond.

Die sekundäre geozentrische Bahn sieht jetzt völlig anders aus: Sie ist ebenfalls rückläufig, sie ist elliptisch, und das Perigäum liegt bei $r_{14} = 25$ Tsd. km, wobei die Sonde in Richtung Erde gelenkt wird, sie gerät also unmittelbar in den absteigenden Bahnast. Für einen „Mondtreffer“ haben wir demnach einen Spielraum von $2,22^\circ$ im Startwinkel ψ_1 , das ist wesentlich mehr als der scheinbare Durchmesser des Mondes von $0,51^\circ$ (gesehen vom Startpunkt): Die Anziehungskraft des Mondes krümmt die Flugbahnen in Richtung Mond, so daß der Treffbereich vergrößert wird. Anschließend, für $\psi_1 < 135,90^\circ$, vergrößert sich wieder die minimale Mondsdistanz, und ebenso vergrößert sich zunächst noch die minimale Erddistanz der sekundären Bahn bis auf fast 36 Tsd. km bei $\psi_1 = 135,65^\circ$ und $r_{22} = 2,9$ Tsd. km. Unmittelbar darauf, bei $135,56^\circ$, befindet sich die Sonde beim Verlassen der Wirkungssphäre des Mondes gerade im Apogäum der zweiten geozentrischen Bahn in 392 Tsd. km Entfernung vom Erdmittelpunkt, und für noch kleinere ψ_1 gelangt sie zunächst in den aufsteigenden Ast dieser Bahn. Das Perigäum verkleinert sich rasch, und bei $134,22^\circ$ wird es gleich dem Erdradius, d. h. die Sonde streift bei der Rückkehr die Erdoberfläche, und zwar rückläufig. Dabei hatte sie den Mond in 10,6 Tsd. km rückläufig passiert. Bei einem Startwinkel von $131,9^\circ$ stürzt die Sonde senkrecht auf die Erdoberfläche, es ist $r_{14} = 0$. Wenn man ψ_1 noch mehr verkleinert, ist die sekundäre geozentrische Bahn wieder rechtläufig, das Perigäum steigt allmählich wieder an, ebenso das Apogäum, während das Periselenum bei $\psi_1 = 130,7^\circ$ schon wieder 30 Tsd. km erreicht. Für $\psi_1 = 124,93^\circ$ berührt die Sonde nur noch die Wirkungssphäre des Mondes, und zwar beim selenozentrischen Winkel $\chi_2 = 240^\circ$ (Abb. 1b). Bereits kurz vorher, bei $124,94^\circ$, erhöht sich das sekundäre Perigäum auf die Größe des Erdradius, die Sonde streift rechtläufig die Erdoberfläche. Für Startwinkel $\psi_1 < 124,93^\circ$ wird die Sonde vom Mond praktisch nicht mehr gestört, die primäre und die sekundäre geozentrische Bahn sind wieder identisch.

In Abb. 4 ist dieser Schnitt durch die v_{11} - ψ_1 -Ebene in ψ_1 -Richtung für $v_{11} = 11$ km/s dargestellt. Analog kann man auch einen Schnitt in v_{11} -Richtung für konstanten Winkel ψ_1 führen, der u. U. noch interessantere Ergebnisse bringt, da wegen der Krümmung des Mondtrefferbereichs (Abb. 2b, Abb. 3) der Mond in zwei getrennten Intervallen der Startgeschwindigkeit erreicht werden kann, und zwar bei Startwinkeln zwischen etwa 105° und 137° (wenn man sich auf Bahnen vom Typ Ea beschränkt). Für die oben geschilderte Abhängigkeit der Bahn von ψ_1 bei festem v_{11} tritt dieselbe Erscheinung nur in der Nähe von $\angle v_1 = -90$ m/s auf, wie die Abbildungen zeigen.

Erste Schlußfolgerungen

Aus den bisher geschilderten Ergebnissen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

1. Die Wirkungssphäre des Mondes kann von der Erde aus innerhalb bestimmter Wertebereiche für die Startgeschwindigkeit v_{11} und den Startwinkel ψ_1 erreicht werden. Diese Wertebereiche bilden in der v_{11} - ψ_1 -Ebene einen breiten, gekrümmten Streifen.
2. In der Mitte dieses Streifens gibt es einen wesentlich schmaleren, der jene Anfangswerte enthält, mit denen der Mond getroffen werden kann.
3. Wenn der Startwinkel ψ_1 größer ist als die Startwinkel für solche Auftreffbahnen, passiert die Sonde den Mond im rechtläufigen Sinn und verläßt dann seine Wirkungssphäre wieder; bei kleinerem Startwinkel ψ_1 wird der Mond rückläufig umflogen.
4. Nach dem Austritt der Sonde aus der Wirkungssphäre des Mondes ist die neue geozentrische Bahn gegenüber der ursprünglichen verändert; sie wird stets hyperbolisch (d. h. auch für elliptische An-

fangsbahnen), falls der Mond in geringer Entfernung rechtläufig passiert wurde. Dabei wird (neben dem Apogäum) gleichzeitig das Perigäum beträchtlich vergrößert. Anders gesagt: Sowohl die Energie als auch der geozentrische Drehimpuls der Sonde nehmen zu.

5. Die neue geozentrische Bahn wird dagegen auch bei hyperbolischen Anfangsbahnen elliptisch (sofern die Startgeschwindigkeit nicht beträchtlich über der parabolischen lag), wenn der Mond rückläufig in geringer Entfernung passiert wurde. Alle Bahnen, die rückläufig am Mond vorbeiführen, ergeben meistens eine Verkleinerung des geozentrischen Drehimpulses und der Energie der Sonde; Perigäum (und auch Apogäum) verringern sich, so daß die Sonde bei der Rückkehr vom Mond auf die Erde trifft. Der Drehimpuls kann sogar negativ werden, d. h. die neue geozentrische Bahn ist dann rückläufig, wenn die Sonde den Mond in geringer Entfernung (und ebenfalls rückläufig) passiert. Solche rückläufige Bahnen existieren allerdings nur in einem begrenzten Intervall von Anfangsgeschwindigkeiten*.

6. Rückläufig am Mond vorbeiführende Bahnen können so umgelenkt werden, daß die Sonde unmittelbar in den absteigenden Bahnast (also in Richtung Erde) gelangt. In den meisten Fällen — stets bei rechtläufigen selenozentrischen Bahnen — befindet sich die Sonde dagegen auch nach Verlassen der Wirkungssphäre des Mondes im aufsteigenden Bahnast (d. h. entfernt sich von der Erde).

* Zahlenwerte für diese und andere Grenzen, wie sie sich aus dem berechneten Modell ergeben, werden im zweiten Teil dieses Berichts publiziert.

Literatur:

[1] z. B. *Astronomie und Raumfahrt* 1964, S. 124, 1966, S. 14, S. 51; S. 152. Dort weitere Literaturangaben.

(Fortsetzung: Aus der Literatur)

geschlossen, die Mondkruste müsse 60 Kilometer und damit doppelt so stark wie die Erdkruste sein. Der Mondmantel wird auf eine Dicke von 900 Kilometern geschätzt. Die Geschwindigkeit der seismischen Wellen sei im Mondmantel mit acht Kilometer je Sekunde der im Erdmantel ähnlich.

Unbekannte Energiequelle in der Cassiopeia

Eine bisher unbekannte Quantenenergiequelle im Sternbild der Cassiopeia haben sowjetische Wissenschaftler vom Astrophysikalischen Krim-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR entdeckt. Die Energie der Gamma-Quantenstrahlung beträgt etwa eine Billion Elektronenvolt und liegt damit um das Fünfeinfache höher als jene, die den geladenen Teilchen im stärksten Beschleuniger der Welt, in Serpuchow, eingegeben wird. Wie Vertreter des Observatoriums erklärten, gibt es in diesem Abschnitt des Sternhimmels weder Quasare noch Pulsare oder Röntgenquellen. Der Gammastrahl dürfte daher auf einen starken Explosionsprozeß an einem bisher unbekannten Objekt zurückzuführen sein.

Sonnenaktivität und Nadelholz

Die Jahresringe von Bäumen werden unter der Einwirkung erhöhter Sonnenaktivität schmaler, in Zeiten der ruhigen Sonne dagegen werden sie breiter. Zu diesen Schlußfolgerungen gelangten Leningrader Botaniker auf Grund jahrelanger Untersuchungen der Jahresringe von Nadelhölzern. Ihre Beobachtungen führten die sowjetischen Wissenschaftler hauptsächlich in Gebirgsregionen durch. Dort begünstigt die Reinheit der Atmosphäre das Eindringen korpuskularer Teilchen aus dem Kosmos besonders.

Nordlicht durch Plasmaeruptionen

Die Erscheinungen des Nordlichts seien nach den heutigen Vorstellungen gigantische Plasmaeruptionen, die sich in großen Höhen über der Erde abspielen, schreibt die sowjetische Zeitschrift „Awiazija i Kosmonawtika“. In den Meeren und im Erdboden entstehen elektromagnetische und Infraschallwellen, während in der Magnetosphäre und in der Ionosphäre elektrische Felder und Ströme auftreten. Es wird vermutet, daß sich dabei die Ionenstruktur der oberen Atmosphäre und deren Konzentration grundlegend verändert. Diese Erscheinungen erfassen die gesamte nördliche Hemisphäre. Die Untersuchung dieser Vorgänge wurde von Kosmos 261 und Kosmos 348 eingeleitet und wird mit dem Sputnik „Aureole“ gegenwärtig fortgesetzt. Dieses Experiment ist Bestandteil des sowjetisch-französischen Projekts „Arcade“. An ihm sind auch geophysikalische Observatorien und Bodenstationen mehrerer sozialistischer Länder beteiligt.

Pioneer 10 passierte den marsnahen Raum

Die amerikanische Jupitersonde Pioneer 10 hat am 25. 5. 72 den marsnahen Raum passiert. Sie hat damit also jene Zone verlassen, in der — rund 200 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt — in der Vergangenheit bereits zwei Weltraumsonden der USA durch Meteoriteneinschlag verlorengegangen waren.

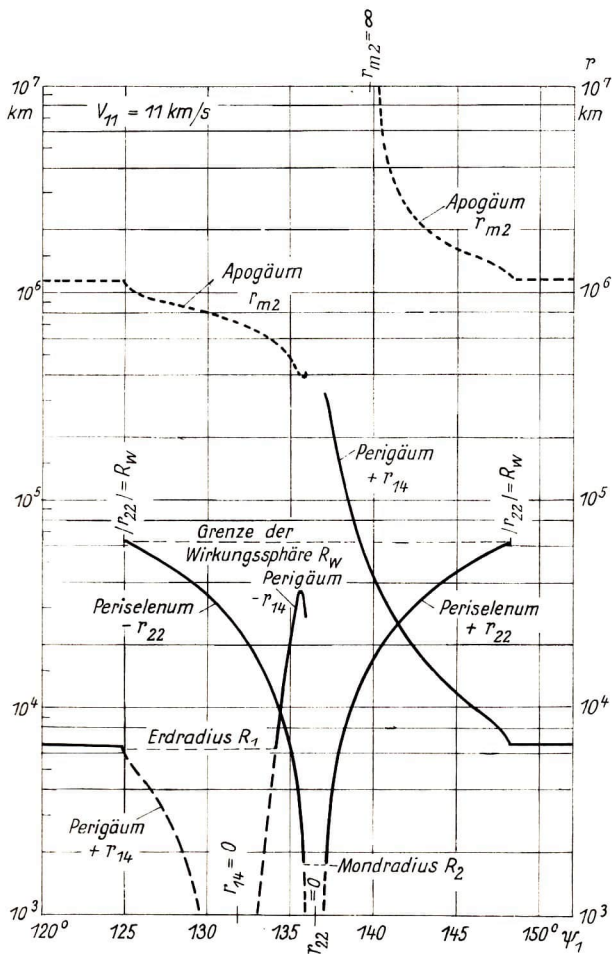
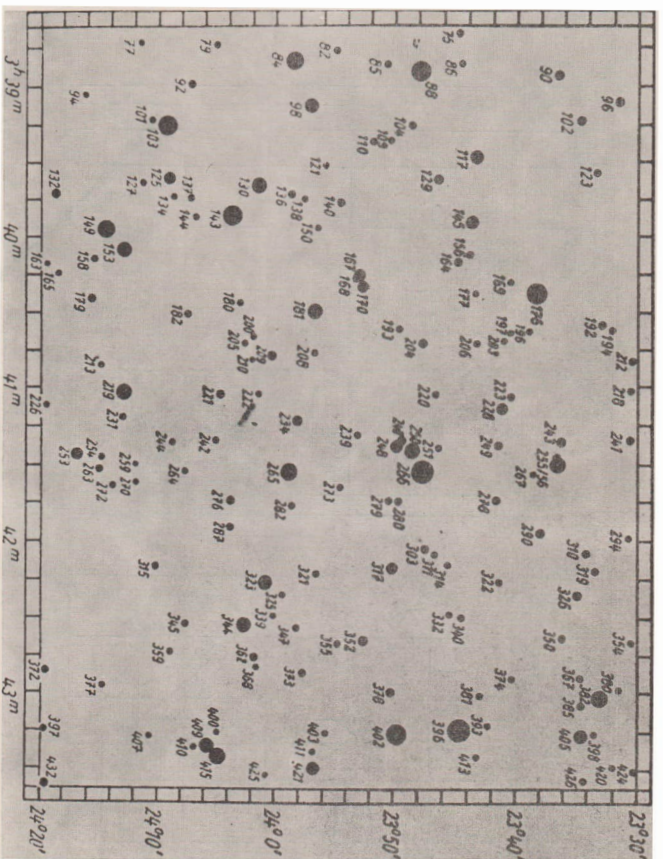


Abb. 4: Wichtige Parameter der Mondflugbahnen für $v_{11} = 11 \text{ km/s}$ als Funktion von ψ_1 . Ausgezogene Kurven: Perigäum bzw. Periselenium (gestrichelt, wenn es innerhalb der Erde bzw. des Mondes liegt); punktiert: Apogäum.

Karte der Zentral-
plojaden.



Siehe Beitrag S. 146
Hilfen zur „Reich-
weiten“-Bestimmung
des Fernrohrs (II).



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie · Dr. P. Ahnert, Dipl.-Astr.	
E. Bartl, Dr. K. Lindner, Dr. W. Wenzel	165
Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1973 · Dr. Siegfried Marx	168
Planetensichtbarkeit 1973 · Heinz Albert	3. und 4. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Untersuchung langperiodischer Änderungen der Bahnelemente künstlicher Erdsatelliten	
Edgar Otto jun.	174
Eine Uhr für den Astroamateur · Willi Schulze	179

Bildseiten

„Mariner“-Marsaufnahmen	I—IV
-----------------------------------	------

Dr. rer. nat. h. c. Paul Ahnert 75 Jahre · Dr. G. A. Richter	180
--	-----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Tätigkeitsberichte der Fachgruppen des Bezirkes Rostock — Fachgruppe Rostock — Fachgruppe Greifswald — Fachgruppe Heringsdorf — Fachgruppe Rostock-Land	181
---	-----

Aus der Literatur

Expandierender Ring interstellaren Gases mit Expansionszentrum nahe der Sonne — Energie aus dem Weltraum ?	182
Position und Identifikation der Röntgen-Quelle Cygnus X-1 — Extragalaktische Ca II-Absorptionslinien — Neues von Jupiter und Saturn	183

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

15 Jahre Raumfahrt · Karl-Heinz Neumann	184
Der Kreisprozeß des Flüssigkeitsraketenantriebs · Dipl.-Ing. M. Sachse	188

Redaktionschluß: 20. September 1972

Berichtigung zu Heft 4/72: Die Bildunterschriften auf den Seiten 122/123 sind vertauscht.

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft, Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4 22 97 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1972 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3—4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/68 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie

Dr. P. Ahnert, Dipl.-Astr. E. Bartl, Dr. K. Lindner,
Dr. W. Wenzel — im Auftrage des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Zahl der Beobachtungsgebiete, auf denen Amateurastronomen die Arbeit der Fachsternwarten effektiv unterstützen und mit ihren Mitteln Beiträge zur Vertiefung und Erweiterung wissenschaftlicher Erkenntnisse liefern können, ist in den letzten beiden Jahrzehnten immer kleiner geworden. Bekannte und seit eh und je von Amateuren gepflegte Gebiete wie z. B. Sonnenflecken- und Meteorbeobachtungen, werden heute durch den Einsatz vervollkommneter und neuartiger Instrumente und bessere Arbeitsmethoden von den speziell dazu ausgerüsteten Fachsternwarten so intensiv betrieben, daß die amateurmäßige Beobachtung diese Ergebnisse lediglich in weit weniger vollkommener Weise bestätigen, aber nicht mehr ergänzen oder gar ersetzen kann.

Dennoch gibt es einige Gebiete, auf denen die wissenschaftliche Arbeit der Amateurastronomen nicht nur möglich, sondern auch sehr erwünscht ist. Entweder sind dabei die zu beobachtenden Objekte so zahlreich, daß die Forschungskapazität der Fachsternwarten überschritten wird, oder es handelt sich um spezielle Arbeitsthemen, die außerhalb der Aufgabenstellung der wissenschaftlichen Institute liegen.

1. Veränderliche Sterne

Das Gebiet der Veränderlichen Sterne, also jener Fixsterne, deren Helligkeit zeitlich variiert, ist als Betätigungsfeld für Amateurastronomen sehr geeignet. Dies hat verschiedene Ursachen:

- a) Die Objekte sind so zahlreich und dabei physikalisch so vielgestaltig, daß Fachastronomen allein nicht im entferntesten das Beobachtungsmaterial bereitstellen können, das für eine physikalische Interpretation nötig ist.
- b) Für jedes Instrumentarium (photographisch, visuell oder photoelektrisch betriebenes Gerät; Objektivdurchmesser gering oder größer) gibt es wichtige beobachtbare Objekte.
- c) Einfache visuelle Schätzmethoden sind für die Erarbeitung wertvollen Materials geeignet. Dies gilt sowohl für die direkte visuelle Beobachtung am Fernrohr als auch für die Auswertung photographischer Himmelsaufnahmen.
- d) Erste Resultate der Beobachtungen kann der Amateur meist selbst ableiten und an eine Fachzeitschrift zur Veröffentlichung einsenden, wodurch seine Arbeit ideell ständig stimuliert und belohnt wird.

Auf die Methoden von Beobachtung und Auswertung sowie auf die Bekanntgabe lohnender Objekte soll hier nicht eingegangen werden. Für beide Komplexe gibt es in der DDR Literatur, nämlich

C. Hoffmeister, Veränderliche Sterne, Leipzig 1970

und

P. Ahnert, Kalender für Sternfreunde, Leipzig, fast alle Jahrgänge,

die als Einführung gut geeignet sind.

Einige Beispiele von Typen Veränderlicher Sterne sollen jedoch genannt werden, bei denen sich der Amateur mit besonderem Erfolg betätigen kann.

1.1 Bedeckungsveränderliche

Dies sind Objekte, bei denen sich zwei Sterne umeinander in Keplerschen Bahnen bewegen, wobei sie sich von der Erde aus gesehen wechselseitig in gewissen Zeitabständen („Periode“) „bedecken“, so daß dann jeweils nur ein Bruchteil des Lichts der hinteren Komponente zur beobachtbaren Gesamthelligkeit beiträgt: Es treten Helligkeitsminima in einer regelmäßigen Folge, die durch die Periode des Umlaufs gegeben ist, auf.

Die Beobachtung dieser Minima, die größenordnungsmäßig eine Stunde bis mehrere Stunden dauern, ist einfach und ermöglicht eine Kontrolle der Periodenlänge. Die Länge der Umlaufperiode ist bei vielen (insbesondere den sogenannten engen) Bedeckungspaaren veränderlich; sie variiert durch Überströmen von Masse von der einen Komponente zur anderen und durch Massenverlust des Systems als Ganzem. Daher erhält man aus der systematischen Feststellung der Minima-Zeiten Angaben

über nichtstationäre physikalische Prozesse, eben diesen Massenaustausch, und zwar um so umfassender, je dichter und länger die Beobachtungsreihen sind, je mehr Beobachter auf der Erde sich diesem Problem widmen.

1.2 Eruptive Veränderliche

Hierunter verstehen wir Fixsterne, die in nicht vorausberechenbarer Folge oder auch einmalig Ausbrüche erleiden, so daß ihre Helligkeit in diesen Phasen um erhebliche Beträge ansteigt und später wieder absinkt. Es gehören dazu vor allem die Supernovae und Novae, die U-Geminorum-Sterne und die Flackersterne; die Lichtmaxima dauern (in der gegebenen Reihenfolge) Monate, Tage oder Bruchteile von Stunden.

Die Überwachung dieser Objekte, soweit im einzelnen bekannt ist, daß die Eruptionen immer wiederkehren, ist insofern wichtig, als dem mit großen Forschungsgeräten ausgerüsteten Fachastronomen auf solche Weise ein beginnender Ausbruch so rechtzeitig gemeldet werden kann, daß detaillierte Untersuchungen eingeleitet werden können. Die physikalischen Ursachen sind nämlich bei weitem noch nicht in allen Fällen restlos geklärt. Zwar erfordern diese Beobachtungen vom Amateur viel Geduld und sind nicht immer schnell von Erfolg gekrönt; die Fachastronomen verdanken aber der ausdauernden Tätigkeit von Amateuren manche wichtige Meldung.

1.3 R-Coronae-Borealis-Sterne

Hierbei handelt es sich um Fixsterne in einer offenbar späten Entwicklungsphase, in der der Wasserstoff durch atomare Prozesse weitgehend verbraucht ist. Die Objekte sind kohlenstoffreich. Für ihre Helligkeitsänderungen sind (im Gegensatz zu den eruptiven Sternen) unperiodisch auftretende Licht-Minima charakteristisch dergestalt, daß das beobachtbare Licht innerhalb weniger Tage auf 1 % des normalen Ausgangswertes absinken kann.

Auch bei diesen Objekten (sie sind übrigens nicht häufig) ist eine kontinuierliche Überwachung erforderlich, damit das Einsetzen eines der beschriebenen Minima so früh wie möglich bemerkt und den Fachsternwarten zwecks intensiver Weiterbeobachtung mitgeteilt werden kann. Aber auch das Aufstellen zusammenhängender „Lichtkurven“ (d. h. des Diagramms der über der Zeitachse aufgetragenen Helligkeitswerte) über längere Zeit und möglichst lückenlos ist bedeutungsvoll und kann durch das (meist spontan erfolgende) Zusammenwirken mehrerer Amateure und Fachastronomen realisiert werden.

Die Helligkeitsminima werden wahrscheinlich dadurch verursacht, daß der Stern gelegentlich Wolken oder Hüllen von festen Kohlenstoffteilchen (Ruß) bildet oder ausstößt, die im sichtbaren und photographisch wirksamen Spektralbereich weitgehend undurchsichtig sind, das Licht des Sterns also verfinstern. Im Infrarot-Gebiet des Spektrums dagegen strahlen diese Teilchen die absorbierte Energie als „Wärme“ wieder ab. Gerade durch die regelmäßigen Beobachtungen eines Amateurs konnte kürzlich eine Theorie, die sich Infrarot-Messungen eines solchen Objektes bediente, in einem wesentlichen Punkt gestützt werden.

Die drei genannten Beispiele sollen zum Darlegen des Wesentlichen genügen. Sie sind ausgewählt worden, damit die Möglichkeiten des engen Kontakts zwischen Amateuren und modernster astrophysikalischer Forschung hervortreten. Es soll damit nicht gesagt werden, daß die Beobachtung anderer Objekte (Mira-Veränderlicher, Delta-Cephei- und anderer pulsierender Sterne, langsam unregelmäßig veränderlicher roter Riesensterne usw.) oder anderer Phänomene (z. B. Änderung der Lichtkurvengestalt bei sonst regelmäßigem Verhalten) unwichtig wäre.

Mit besonderem Nachdruck sei noch auf die Möglichkeiten jener Amateure hingewiesen, welche photographische Himmelskameras zur Verfügung haben. Bekanntlich sind diese Kameras von zum Teil hoher Qualität. Die regelmäßige Aufnahme ausgewählter Felder — eine Fachsternwarte sollte hier beratend hinzugezogen werden — ergibt mit der Zeit ein Plattenarchiv, das die Bearbeitung einer ganzen Anzahl von Veränderlichen ermöglicht, aber außerdem als Ergänzung der bestehenden Himmelsüberwachung (Sternwarte Sonneberg des Zentralinstituts für Astrophysik) dienen kann.

Im Falle der photographischen Beobachtung, aber auch bei der visuellen Untersuchung Veränderlicher Sterne ist wesentlich, daß durch Mithilfe der Amateure vor allem die witterungsbedingten Lücken in den Meßreihen der Fachsternwarten vermindert werden, ganz abgesehen davon, daß auch wegen der begrenzten Mitarbeiterzahl dieser Institute, wie eingangs bereits angedeutet, nur ein Bruchteil der relevanten Objekte angemessen verfolgt werden kann.

2. Sternbedeckungen durch den Mond

Ihre exakte Erfassung (möglichst $\pm 0,1$ Sekunde) ermöglicht eine Kontrolle der immer noch nicht mit letzter Genauigkeit bekannten Mondbewegung und die Ermittlung der Differenz zwischen der durch die (veränderliche) Erdrotation bestimmten Weltzeit und der völlig gleichförmig ablaufenden Ephemeridenzeit.

Die Größe des Fernrohrs bestimmt nur die Grenzhelligkeit der noch beobachtbaren Sterne, nicht die Genauigkeit der Beobachtung. Das Verschwinden bzw. das Wiederauftauchen eines Sterns am dunklen Mondrand erfolgt plötzlich, seine Registrierung (Stoppuhr bzw. Chronograph) kann zwischen verschiedenen Beobachtern am gleichen Ort Differenzen ergeben. Diese sogenannte persönliche Gleichung wird — bei genügender Zahl von Beobachtungen — bei der Auswertung ermittelt.

Unbedingt notwendig ist die genaue geographische Ortsangabe (Länge und Breite möglichst auf die Bogensekunde) und die Höhe über NN. Ferner ist eine exakte Zeitbestimmung erforderlich (Zeitzeichen oder durch Zeitzeichen kontrollierte Uhr: Boxchronometer oder exakte Pendeluhr).

Als Fernrohr ist jedes Instrument von 50 mm Öffnung aufwärts geeignet.

3. Erscheinungen der Jupitermonde

Die Bewegung der Jupitermonde unterliegt periodischen Störungen, die noch nicht durch die Ephemeridenrechnung erfaßt werden. Ihre Größe hängt offenbar von der wechselnden Entfernung Jupiters von der störenden Sonne ab. Sie sind für Mond I verschwindend, für Mond II merklich und für die äußeren Monde III und IV auffällig. Sie äußern sich in den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung.

Bei diesen Beobachtungen genügt eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ Minute, die jede gute, durch Zeitzeichen kontrollierte Taschen- oder Armbanduhr gibt. Der geographische Ort des Beobachters ist ohne Einfluß, dagegen steigt die Sicherheit der Beobachtung mit der Öffnung des Fernrohrs.

Verfinsterungen sind eben noch mit 50 mm Öffnung zu erfassen; für Beobachtungen von Vorübergehungen der Monde vor dem Planeten oder Bedeckungen der Monde durch Jupiter sollten mindestens 80 mm Öffnung und Vergrößerungen über 120fach zur Verfügung stehen.

Verfinsterungen sind auf wenige Zehntel der Minute, Vorübergehänge und Bedeckungen auf 1 bis 2 Minuten genau zu erfassen. Wenn die Verfinsterungen lichtelektrisch beobachtet werden, lassen sich außer den Bewegungen der Jupitermonde auch ihre Durchmesser ermitteln. Bereits bei einer einzigen Beobachtung erhält der Amateur ein abgeschlossenes Ergebnis, wozu bereits relativ einfache lichtelektrische Einrichtungen ausreichend sind.

4. Beobachtungen des Großen Roten Flecks (GRF) auf Jupiter

Die zeitliche Festlegung seiner Meridiandurchgänge (Stellung in der Mitte der Jupiterscheibe) gibt in Verbindung mit der Ephemeride des Zentralmeridians im sogenannten System II der Jupiterrotation seine jovigraphische Länge, die sich unregelmäßig ändert. Diese Änderungen bedeuten ein zeitweises Vorauseilen oder Zurückbleiben des Flecks gegenüber seiner Umgebung und müssen bei einer Deutung seiner Natur und der Erklärung der Strömungen innerhalb der Jupiteratmosphäre berücksichtigt werden.

Auch bei diesen Beobachtungen wächst die Genauigkeit mit der Öffnung des verwendeten Instruments; 50 mm mit 90facher Vergrößerung ist die untere Grenze, 80 und 100 mm mit 120- bzw. 150facher Vergrößerung sind aber bereits völlig ausreichend.

5. Spektrale Veränderungen einer Nova

Die Nova-Aktivität ist kein einmaliger Vorgang, sondern der Beginn eines langanhaltenden Entwicklungsstadiums, dessen Erforschung sich wesentlich auf spektrographische Beobachtungen stützt. Durch die Verknüpfung der photometrischen mit den spektrographischen Daten ergeben sich tiefere Einsichten in den Ablauf der Nova-Entwicklung. Brauchbare Novaspektren lassen sich in wissenschaftlich nutzbarer Qualität mit Objektivprismen erhalten.

6. Kometenspektren

Kometen sind ausgedehnte Erscheinungen, deren physikalische Veränderung zu einem großen Teil aus spektrographischen Aufnahmen erschlossen werden kann. Die Größe der Objektive spielt dabei eine untergeordnete Rolle; wichtige wissenschaftlich interessante Ergebnisse lassen sich bereits mit

Hilfe einer mit einem Objektivprisma versehenen Kleinbildkamera erhalten. Oftmals sind Kometen wegen ihrer großen Ausdehnung nur mit Instrumenten zu erfassen, die Gesichtsfeldwinkel von 10° bis 20° aufweisen. Dafür hat der Fachastronom keine anderen Hilfsmittel als der Amateur, nämlich die handelsübliche Handkamera. Ähnliches gilt für Meteorspektren, deren Beobachtung sowohl im Gesamtlicht als auch im spektral zerlegten Licht vielfach mit normalbrennweitigen, konventionellen Kameras durchgeführt wird.

Im Zusammenhang mit den unter 5. und 6. vorgeschlagenen Beobachtungen veranstaltete der Zentrale Fachausschuß Astronomie im April 1972 in Apolda ein Seminar mit dem Thema „Spektroskopie in der Astronomie“. Ein Seminar über die Beobachtung von Kometen ist geplant.

7. Planetoiden

Planetoiden zeigen entsprechend ihrer Rotationsperiode Lichtschwankungen (von einigen Stunden an aufwärts); es ist von erheblichem wissenschaftlichem Wert, die Körper mit den kleinsten Perioden zu kennen.

Für Amateure kommen in der Regel nur photographische Beobachtungen in Frage; für die Auswertung ist ratsam, daß sich der Beobachter Zugang zu einem lichtelektrischen Plattenphotometer verschafft (Institut oder Selbstbau). Die Amplituden betragen in der Regel einige Zehntel Größenklassen, maximal 1^m . Auch hier zeitigen die Beobachtungen bereits nach kurzer Zeit ein geschlossenes Ergebnis.

Beobachtungsergebnisse, die einer wissenschaftlichen Auswertung zugeführt werden sollen, sind an folgende Stellen zu übermitteln:

Veränderliche Sterne:

Dr. W. Wenzel, 64 Sonneberg, Sternwarte

Alle anderen Beobachtungen:

Zentraler Fachausschuß Astronomie

Kulturbund der DDR, Zentrale Kommission Natur und Heimat, 104 Berlin, Hessische Str. 11–12.

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1973

Dr. SIEGFRIED MARX

Die hier mitgeteilten Erscheinungen am Sternenhimmel geben nur eine kleine Auswahl aus der Vielzahl der Vorgänge wieder. Das entspricht aber auch dem Anliegen. Es wurden nur solche Vorgänge berücksichtigt, die mit bloßem Auge oder kleinen optischen Hilfsmitteln sichtbar sind. Die Ausführungen sollen die Vorbereitungen für einige einfache Beobachtungen erleichtern und überhaupt zum Beobachten des Sternenhimmels anregen.

1. Sonnen- und Mondfinsternisse

Für die ganze Erde treten insgesamt etwa 1,5mal mehr Sonnenfinsternisse als Mondfinsternisse auf. An einem bestimmten Ort der Erde sind allerdings mehr Mond- als Sonnenfinsternisse sichtbar. Die Finsternishäufigkeit des begrenzten Zeitraumes 1973 spiegelt diese Tatsache nicht sofort wider, denn es gibt vier Mond- und nur drei Sonnenfinsternisse. Drei der vier Mondverfinsterungen sind allerdings nur Halbschattenfinsternisse, bei denen man gar nicht von eigentlichen Verdunklungen des Mondes sprechen kann, da die Helligkeitsabnahme nur sehr gering ist. Über die Finsternisse wird in chronologischer Folge berichtet.

1.1 1973 Januar 4., Sonnenfinsternis

Die erste Finsternis des Jahres ist eine ringförmige Sonnenfinsternis. Die zentrale Zone verläuft vom Stillen Ozean über die Südspitze Südamerikas, den Atlantischen Ozean, bis zur Westgrenze Afrikas.

In Europa gibt es keine Beobachtungsmöglichkeiten. Der zeitliche Verlauf ist folgender:

Januar 4.	13 ^h 44 ^m 6	Beginn der Finsternis
Januar 4.	16 ^h 39 ^m 8	Mitte der Finsternis
Januar 4.	19 ^h 47 ^m 9	Ende der Finsternis

Zum Zeitpunkt dieses Ereignisses ist der Winkeldurchmesser des Mondes geringer als der der Sonne. Winkeldurchmesser der Sonne: 32'32", Winkeldurchmesser des Mondes: 29'49".

1.2 1973 Januar 18., Mondfinsternis

Dieses Ereignis ist in Europa beobachtbar. Allerdings handelt es sich nur um eine Halbschattenfinsternis, die eine maximale Phase von 0,890 hat. Der zeitliche Verlauf ist folgender:

Januar 18.	20 ^h 17 ^m 5	Eintritt des Mondes in den Halbschatten
Januar 18.	22 ^h 17 ^m 9	Größte Phase
Januar 19.	00 ^h 18 ^m 2	Austritt des Mondes aus dem Halbschatten

1.3 1973 Juni 15., Mondfinsternis

Auch hier handelt es sich nur um eine Halbschattenfinsternis, deren Beginn in der DDR nicht sichtbar ist, wie auch der zeitliche Verlauf erweist:

Juni 15.	20 ^h 05 ^m 4	Eintritt des Mondes in den Halbschatten
Juni 15.	21 ^h 50 ^m 6	Größte Phase (0,495)
Juni 15.	23 ^h 35 ^m 9	Austritt des Mondes aus dem Halbschatten

Der Mond geht an diesem Tage etwa 20^h 20^m auf.

1.4 1973 Juni 30., Sonnenfinsternis

Die totale Verfinsternis der Sonne ist im nordöstlichen Südamerika, in einem Gebiet des Atlantischen Ozeans, in den Zentralgebieten Afrikas und einem Teil des Indischen Ozeans sichtbar. Die nördliche Grenze, an der man das Ereignis überhaupt sehen kann, verläuft durch Europa, südlich der DDR.

Das gesamte Ereignis dauert 5 Stunden.

Juni 30.	10 ^h 01 ^m 4	Beginn der partiellen Finsternis
Juni 30.	10 ^h 56 ^m 1	Beginn der totalen Finsternis
Juni 30.	12 ^h 40 ^m 0	Mitte der Finsternis
Juni 30.	14 ^h 21 ^m 2	Ende der totalen Finsternis
Juni 30.	15 ^h 15 ^m 9	Ende der partiellen Finsternis

Der Winkeldurchmesser des Mondes ist zum Zeitpunkt der Finsternis um 115 Bogensekunden größer als der der Sonne.

Monddurchmesser 33'23", Sonnendurchmesser 31'28".

1.5 1973 Juli 15., Mondfinsternis

Diese Halbschattenfinsternis des Mondes hat eine maximale Phase von 0,131. Sie ist in Europa nicht beobachtbar.

Juli 15.	11 ^h 43 ^m 2	Eintritt des Mondes in den Halbschatten
Juli 15.	12 ^h 39 ^m 2	Maximale Phase
Juli 15.	13 ^h 34 ^m 7	Austritt des Mondes aus dem Halbschatten

1.6 1973 Dezember 10., Mondfinsternis

Die letzte Mondfinsternis des Jahres ist vom Gebiet der DDR sehr gut zu beobachten. Es handelt sich um eine partielle Finsternis mit einer maximalen Phase von 0,106.

Dezember 10.	00 ^h 37 ^m 3	Eintritt des Mondes in den Halbschatten
Dezember 10.	02 ^h 09 ^m 9	Eintritt des Mondes in den Kernschatten
Dezember 10.	02 ^h 45 ^m 1	größte Phase
Dezember 10.	03 ^h 20 ^m 2	Austritt des Mondes aus dem Kernschatten
Dezember 10.	04 ^h 52 ^m 8	Austritt des Mondes aus dem Halbschatten

1.7 1973 Dezember 24., Sonnenfinsternis

Da der Winkeldurchmesser des Mondes zu diesem Zeitpunkt wieder kleiner ist als der der Sonne, handelt es sich um eine ringförmige Finsternis.

Sonnendurchmesser 32'31", Monddurchmesser 29'26".

Die Zone der „Totalität“ verläuft von Mittelamerika über den Atlantischen Ozean bis Nordafrika. Der Zeitplan ist folgender:

Dezember 24.	13 ^h 01 ^m 8	Beginn der partiellen Finsternis
Dezember 24.	14 ^h 14 ^m 4	Beginn der ringförmigen Finsternis
Dezember 24.	16 ^h 08 ^m 7	Mitte der Finsternis
Dezember 24.	17 ^h 50 ^m 9	Ende der ringförmigen Finsternis
Dezember 24.	19 ^h 03 ^m 6	Ende der partiellen Finsternis

Von den Finsternisereignissen des Jahres 1973 sind in der DDR zwei Halbschattenfinsternisse sichtbar, die aber keinesfalls zu den eindrucksvollen Erscheinungen gehören, sowie eine partielle Mondfinsternis kleiner Maximalphase.

2. Planetenbeobachtungen

Die Planeten gehören zu den am meisten beobachteten Objekten. Sie sind in bezug auf die Fixsterne in rascher Bewegung, und schon die ständigen Ortsveränderungen geben Anlaß zur Beobachtung. Da die Planeten häufig in Konjunktion mit der Sonne stehen, gibt es Zeiten, in denen sie nicht sichtbar sind, was besonders auf den sonnennahen Merkur zutrifft. Es reizt schon nachzuweisen, wann sie aus der Sonnenüberstrahlung heraustreten bzw. in diese eintreten. Interessant sind aber auch Beobachtungen der Helligkeitsänderungen der Planeten (s. Abb. 1). Wer im Besitz eines größeren Instrumentes ist, kann auch Oberflächenstrukturen beobachten. Dazu ist es wichtig zu wissen, wann die Planeten wo zu finden sind.

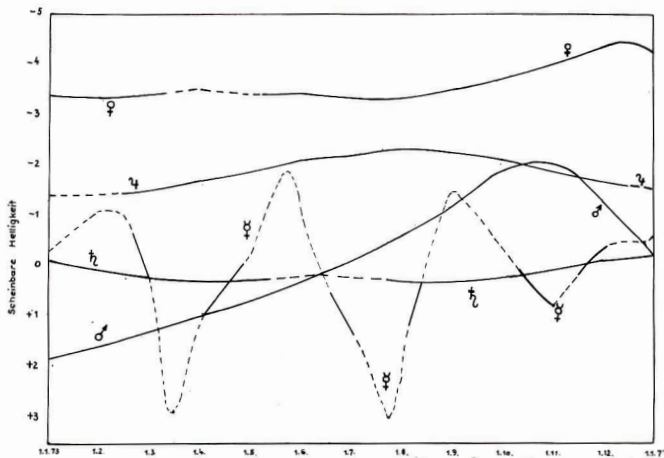


Abb. 1: Verlauf der scheinbaren Helligkeiten der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Um die Konjunktionszeitpunkte sind die Kurven gestrichelt.

2.1 Der Merkur kann nur zu Zeiten der größten Elongationen günstig beobachtet werden. 1973 steht er am 25. Februar (18°), 22. Juni (25°) und 18. Oktober (25°) in größter östlicher Elongation. In diesen Perioden geht der Merkur nach der Sonne unter und ist am westlichen Abendhimmel zu finden. In Klammern sind jeweils die maximalen Winkelabstände des Planeten von der Sonne angegeben. Ferner befindet sich der Merkur am 10. April (28°), 8. August (19°) und am 27. November (20°) in größter westlicher Elongation, während der er vor der Sonne am Morgenhimmel aufgeht.

Der Winkelabstand von der Sonne allein ist noch nicht maßgebend für günstige Beobachtungsbedingungen. Wichtig ist auch, ob der Planet zum Zeitpunkt der Elongation eine größere oder kleinere Deklination als die Sonne hat und auch seine scheinbare Helligkeit spielt eine Rolle. Letztere kann man aus Abb. 1 entnehmen. Als weitere Information wird für die Elongationszeitpunkte die Kulminationszeit des Merkur mitgeteilt.

Datum			Kulminationszeit des Merkur	Deklination der Sonne	Deklination des Merkur
1973	Februar	25.	13 ^h 18 ^m	—9°13'	—1°47'
	April	10.	10 ^h 23 ^m	+7°49'	—4°51'
	Juni	22.	13 ^h 51 ^m	+23°27'	+21°46'
	August	8.	10 ^h 47 ^m	+16°15'	+19°17'
	Oktober	18.	13 ^h 17 ^m	—9°29'	—20°12'
	November	27.	10 ^h 29 ^m	—21°04'	—13°58'

Eine besondere Beobachtung des Merkur ist am 10. November 1973 möglich, denn es kommt zu einem Vorübergang des Planeten an der Sonne. Die Ephemeridenzeiten der 4 Kontakte sind:

T ₁ Eintritt, äußerer Kontakt	7 ^h 48 ^m 09 ^s 6	Positionswinkel	116°10'
T ₂ Eintritt, innerer Kontakt	7 ^h 49 ^m 50 ^s 1		116°11'
Geringster Abstand vom Sonnenzentrum			
	10 ^h 33 ^m 03 ^s 6		—
T ₃ Austritt, innerer Kontakt	13 ^h 16 ^m 17 ^s 0		293°01'
T ₄ Austritt, äußerer Kontakt	13 ^h 17 ^m 17 ^s 5		293°02'

Vom Gebiet der DDR aus ist der gesamte Verlauf des Ereignisses vom ersten Kontakt bis zum vierten Kontakt zu beobachten. Die Zeitpunkte der Kontakte werden sich von Beobachtungsort zu Beobachtungsort entsprechend der geographischen Lage gering unterscheiden. Der Vorübergang des Merkur an der Sonnenscheibe sollte von vielen Amateuren als Beobachtungsziel gewählt werden, was auch ohne weiteres möglich ist, da der 10. November 1973 ein Sonnabend ist. Die Beobachtungsergebnisse (Kontaktzeiten) vom Beobachter an einem Ort geben gute Vergleiche für die Genauigkeit der Beobachter untereinander, andererseits sind Ergebnisvergleiche zwischen verschiedenen Beobachtungsstationen möglich.

2.2 Die Venus befindet sich am 9. April 1973 in Konjunktion zur Sonne. Vor diesem Zeitpunkt ist sie Morgenstern, danach Abendstern. Ihre günstigste Beobachtungsperiode liegt am Jahresende, denn am 13. November erreicht sie mit 47° Abstand von der Sonne ihre größte östliche Elongation. Am 19. Dezember erstrahlt die Venus in ihrer größten scheinbaren Helligkeit. Für einige Beobachter ist eine Beobachtung der Venusphasen und die Registrierung der Änderung ihres Winkeldurchmessers entsprechend des unterschiedlichen Abstandes des Planeten zur Erde sicher interessant. Diese Durchmesseränderung ist von Januar bis September unbedeutend, nimmt dann in den letzten Monaten des Jahres aber erheblich zu, da der Abstand von der Erde zur Venus sich stark verringert.

Datum			Winkeldurchmesser in Bogensekunden	Entfernung von der Erde in Astronomischen Einheiten
1973	Januar	1.	5.60	1.502
	März	1.	5.00	1.683
	Mai	1.	4.89	1.719
	Juli	1.	5.41	1.556
	September	1.	6.99	1.204
	Oktober	1.	8.47	0.993
	November	1.	11.04	0.762
	Dezember	1.	15.69	0.536
	Januar	1.	25.34	0.332

Nach der oberen Konjunktion am 9. April ist die Venus in ihrer „abnehmenden Phase“ zu verfolgen.

2.3 Der Mars ist das ganze Jahr über zu beobachten. Im ersten Halbjahr zeigt er sich in der zweiten Nachthälfte, wobei seine Beobachtungszeit immer länger wird. In der zweiten Jahreshälfte geht er

dann bereits vor Mitternacht auf und ist im Oktober während der ganzen Nacht sichtbar (25. Oktober 1973, Oppositionsstellung). Seine scheinbare Helligkeit nimmt bis Ende Oktober ständig zu, in den letzten Monaten dann schnell wieder ab (siehe Abb. 1). Die zunehmende Helligkeit hat ihre Ursache vor allem in der stark abnehmenden Entfernung zwischen Erde und Mars.

	Datum		Winkeldurchmesser in Bogensekunden	Entfernung von der Erde in Astronomischen Einheiten
1973	Januar	1.	2,11	2,216
	März	1.	2,65	1,763
	Mai	1.	3,61	1,298
	Juli	1.	5,21	0,899
	September	1	8,29	0,565
	November	1.	10,29	0,455
1974	Januar	1.	5,55	0,844

Der Mars ändert seinen Ort unter den Fixsternen in der ersten Jahreshälfte stark, in der zweiten pendelt er an der Grenze der Sternbilder Fische und Widder hin und her (siehe Abb. 2). Die Bewegung um die Stillstandspunkte (19. September 1973, 27. November 1973) ist gut zu beobachten.

2.4 Der Jupiter steht am 10. Januar 1973 in Konjunktion mit der Sonne. Im Februar tritt er dann langsam aus der Morgendämmerung hervor. Seine Beobachtungsmöglichkeiten werden durch die länger werdende Sichtbarkeitsdauer im Laufe des Jahres zwar besser (Oppositionsstellung am 30. Juli 1973), können aber trotzdem nicht als sehr gut bezeichnet werden, da er durch seine geringe derzeitige Deklination von etwa -20° selbst während der oberen Kulmination nur etwa 20° über dem Horizont steht.

2.5 Wesentlich besser liegen die Verhältnisse beim Saturn. Er befindet sich zur Zeit bei $+20^\circ$ Deklination und erreicht somit Kulminationshöhen um 60° . Am 15. Juni 1973 erreicht er die Konjunktionsstellung und kann um die Jahresmitte nicht gesehen werden. Zum Jahresende werden seine Beobachtungsbedingungen dann nahezu ideal. Er steht am 23. Dezember in Opposition zur Sonne und kann während der ganzen Nacht im Sternbild Stier beobachtet werden. Seine scheinbare Helligkeit schwankt nur wenig. Interessantes Beobachtungsziel kann das Ringsystem des Saturn sein, dessen große Achse zwischen 46 und 34 Bogensekunden schwankt und dessen kleine Achse zwischen 20 und 17 Bogensekunden variiert.

	Datum		Winkeldurchmesser des Saturnrings große Achse	kleine Achse
1973	Januar	1.	46,2	20,5
	März	1.	42,1	18,8
	Mai	1.	38,3	17,3
	Juli	1.	37,5	16,9
	September	1.	40,0	17,6
	November	1.	44,5	19,5
1974	Januar	1.	46,6	20,8

2.6 Uranus hat eine scheinbare Helligkeit an der Grenze der Sichtbarkeit mit bloßem Auge. Allerdings müssen ideale Beobachtungsverhältnisse sein, wenn man ihn tatsächlich mit bloßem Auge finden will. Am 11. April 1973 kommt er in Opposition zur Sonne, am 16. Oktober in Konjunktionsstellung. Die erste Jahreshälfte ist für seine Beobachtungen also am günstigsten. In Abb. 3 ist sein Standort für den Oppositionszeitpunkt gegeben.

2.7 Neptun kann nur mit optischen Hilfsmitteln gesehen werden, da seine scheinbare Helligkeit unter der 7. Größenklasse liegt. Für ihn ist ähnlich dem Uranus die erste Jahreshälfte für Beobachtungen günstig (Opposition am 27. Mai, Konjunktion am 29. November). Die Bedingungen sind aber in unseren geographischen Breiten ungünstig, denn selbst in der Kulmination beträgt die Höhe nur 20° . Trotzdem ist in Abb. 4 für den Oppositionszeitpunkt sein Ort unter den Fixsternen mitgeteilt, der sich im Verlaufe des Jahres nur wenig ändert.

Abb. 2: Bewegung des Jupiters zwischen dem 1. August 1973 und dem 1. Januar 1974.

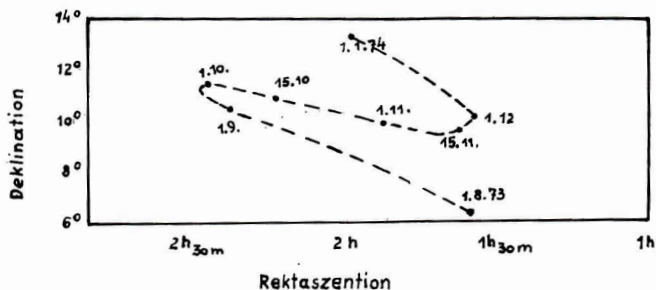


Abb. 3:
Standort des Uranus (Υ) am 11. 4. 1973.
($\alpha = 13^h18^m44^s$, $\delta = 7^\circ36'22''$).

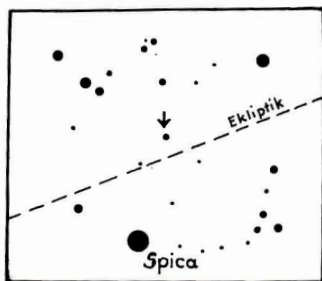
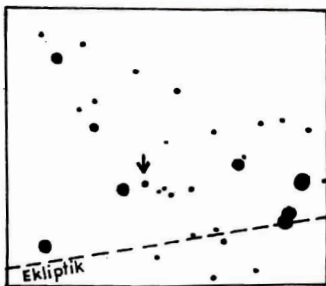
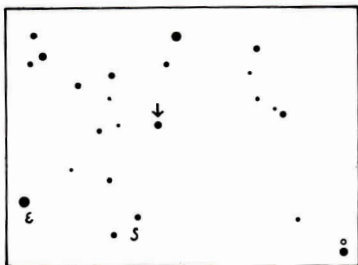


Abb. 4: Standort des Neptun am 27. 5. 1973.
($\alpha = 16^h18^m02^s$, $\delta = 19^\circ41'02''$).



2.8 Der Vollständigkeit halber ist in Abb. 5 der Ort des Pluto gegeben. Seine Beobachtung erfordert bereits erheblichen Aufwand, da er nur eine scheinbare Helligkeit von 15 Größenklassen hat.

Abb. 5:
Standort des Pluto im Coma-Haufen am 12. 4. 1973.
($\alpha = 12^h35^m43^s$, $\delta = 14^\circ38'59''$).



3. Kometen

1973 sind ebenfalls wieder die Periheldurchgänge einiger bekannter periodischer Kometen zu erwarten. Diese Periheldurchgangszeiten können leichten unvorhergesehenen Änderungen durch gravitative Störungen unterliegen.

Name	Umlaufperiode	Perihelabstand	Datum des nächsten Periheldurchgangs
Brorsen	5,47 Jahre	0,53 AE	Februar 73
Die Vico-Swift	7,53 Jahre	2,26 AE	März 73
Rainmuth	7,60 Jahre	1,98 AE	März 73
Tuttle-Giacobini-Kresak	5,56 Jahre	1,15 AE	Mai 73
Schwassmann-Wachmann 1	16,10 Jahre	5,54 AE	Juni 73
Brooks	6,72 Jahre	1,76 AE	November 73

Amateure beobachten und berichten

Untersuchung langperiodischer Änderungen der Bahnelemente künstlicher Erdsatelliten

EDGAR OTTO jun.

Seitdem Sputnik I vor anderthalb Jahrzehnten auf die Umlaufbahn gebracht wurde, werden die Bahnelemente der Satelliten einer ständigen Kontrolle unterzogen. Aus der Differenz zwischen den theoretisch vorausgerechneten und aus Beobachtungen abgeleiteten Werten ergeben sich Erkenntnisse über die Qualität und Quantität der auf eine Satellitenbahn wirkenden Störkräfte.

Besonders bekannt sind die Untersuchungen der Dichte der Hochatmosphäre aus der Analyse von Umlaufzeitänderungen. Damit liefert jeder Satellit unabhängig von seiner Aufgabenstellung als wichtiges Nebenprodukt Werte, mit denen die bestehenden Atmosphärenmodelle ständig verfeinert werden können. Derartige Untersuchungen sind auch an unserer Station (Volkssternwarte „Juri Gagarin“, Eilenburg) begonnen worden. Im Zusammenhang damit ergab sich das Vorhaben, auch andere Bahnelemente in ihrer zeitlichen Abhängigkeit zu analysieren. Über die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungen wird nachstehend berichtet.

1. Störkräfte und ihr Einfluß auf die Satellitenbahn

Da eine erschöpfende Darstellung wegen der Komplexität der Erscheinungen hier nicht möglich ist, können nur die wesentlichen Einflüsse genannt werden. Die Hauptstörkräfte, die die Satellitenbahn beeinflussen, sind der atmosphärische Widerstand, der Strahlungsdruck, die Gravitationswirkung von Mond und Sonne sowie Unregelmäßigkeiten im Gravitationsfeld der Erde.

1.1 Der atmosphärische Widerstand ist abhängig von der häufig wechselnden Dichte und der Geschwindigkeit der den Satelliten umgebenden Atmosphäre sowie der Geschwindigkeit und der wirkenden Querschnittsfläche des Satelliten. Die im Laufe der Existenzdauer eines Satelliten eintretende Abbremsung und sein schließlich folgender Absturz sind vorrangig Folgen der atmosphärischen Reibung, denn sie beeinflusst besonders die große Halbachse und die Bahnexzentrizität.

1.2 Der Strahlungsdruck ist zwar in seiner Größenordnung gering, jedoch wirkt er auf den größten Teil der Satellitenbahn ständig ein und vermag im Laufe längerer Zeiträume erhebliche Bahnänderungen hervorzurufen, wie später auch praktisch nachgewiesen wird. Die Sonnenstrahlung übt auf der Erde auf eine schwarze Fläche einen Druck von etwa $0,45 \text{ mp} \cdot \text{m}^{-2}$ aus. Damit kann besonders ein hochfliegender Satellit mit großer Querschnittsfläche wesentliche Abweichungen seiner Bahn-

halbachse und Exzentrizität erfahren. Bei Gasdichten kleiner als $10^{-16} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ kann der Strahlungsdruck sogar stärker wirken als der atmosphärische Widerstand.

Außergewöhnliche Resultate bei verschiedenen Satelliten lassen es auch als möglich erscheinen, daß ein terrestrischer Strahlungsdruck wirksam wird, der der Erdanziehung entgegen wirkt.

1.3 Lunisolare Effekte aus der Gravitation von Sonne und Erde rufen je nach der Stellung der Körper periodische Störungen hervor, die jedoch sehr klein sind.

1.4 Auf Störungen der Satellitenbahn, die auf die ungleichmäßige Masseverteilung in der Erde zurückzuführen sind, soll hier nicht eingegangen werden. Sie wurden bei der Erde, beim Mond und beim Mars mit Satelliten erkannt und können als konstante Werte in spezielle Rechnungen übernommen werden.

1.5 Alle Störkräfte wirken auf die Bahn eines Satelliten und beeinflussen in unterschiedlichen Größen und Richtungen die verschiedenen Bahnelemente (Bahnneigung, Knotenlänge, Argument des Perigäums, große Halbachse, Exzentrizität). Dieser komplexe Vorgang muß bei weiteren Betrachtungen zwangsläufig in Einzelbeziehungen aufgelöst und getrennt untersucht werden.

2. Ergebnisse der Untersuchung von 12 Satelliten im Zeitraum von 1967 bis 1971

2.1 Problemstellung:

Da die Änderungen der Umlaufzeiten von Satelliten (und damit auch Änderungen ihrer großen Halbachse) schon vielfach dargestellt wurden, stellten wir uns zunächst die Aufgabe, die Veränderungen der Bahnneigung von Satelliten statistisch zu erfassen und davon bestimmte Ursachen und Zusammenhänge abzuleiten. Die Ansicht, daß die Bahnneigung als relativ stabiles Element gilt, und Veröffentlichungen über die Existenz von erheblichen atmosphärischen Strömungen in den höheren Schichten, die sich auch auf die Bahnneigung eines Satelliten auswirken könnten, veranlaßten uns zu dieser Aufgabenstellung.

2.2 Verwendete Werte:

Um den Arbeitsaufwand möglichst niedrig zu halten, andererseits aber auch lückenloses Material von vielen Satelliten über einen langen Zeitraum zu erhalten, benutzten wir die uns von Smithsonian Institution, Astrophysical Observatory, Cambridge/USA, vorliegenden Bahnelemente (Ephemeris VI). Sie werden aus den Beobachtungsdaten vieler Stationen berechnet und bilden die Grundlage für die Voraussetzungen der Satellitendurchgänge für die nachfolgenden Wochen. Da diese Werte alle 14 Tage erscheinen, sind sie für eine langfristige Untersuchung eine sehr geeignete Grundlage.

Zur Untersuchung wurden die in Tabelle 1 enthaltenen Satelliten herangezogen.

2.3 Ergebnisse:

2.3.1 Veränderung der Bahnneigung der Satelliten.

Tabelle 1 gibt Aufschluß, in welchem Maße bei dem einzelnen Satelliten die Bahnneigung i Schwankungen unterliegt:

Tabelle 1: Bahnneigungs-Änderung von Satelliten

Bahndaten (gerundet) aus [1], ¹⁾ aus [4], ²⁾ eigene Abschätzung. ³⁾ Der Wert für $\frac{\Delta i}{M}$ in $\frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$ ergibt eine

Größe, mit der die unterschiedlichen Querschnitte und Massen der Satelliten vergleichbar gemacht werden.

Satellit-Nr.	Name	Bahnneigung i	Bahnhöhe (km)		$\frac{\Delta i}{M}$ ³⁾	Δi_{max}	Δi^2 % max.	Bemerkungen
			Perigäum	Apogäum				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
60091	Echo I	47	1500	1700	100 ²⁾	0,08	0,2	Ballon 30 m
68021	Geos B	106	1100	1600	0,05 ²⁾	0,02	0,02	
63531	Explorer 19	79	600	2400	15 ¹⁾	0,3	0,4	Ballon 3,7 m
66441	Explorer 32	65	280	2700	0,03 ¹⁾	0,1	0,2	
64761	Explorer 24	81	530	2500	10 ²⁾	0,2	0,2	Ballon 3,70 m
66561	Pagosa A	85	4200	4300	110 ²⁾	2,8	3,2	Ballon 30 m
64041	Echo II	81	1000	1300	35 ²⁾	0,6	0,8	Ballon 41 m
68661	Explorer 39	81	670	2540	15 ¹⁾	0,1	0,1	
65112	Kosmos 103	56	600	600	—	0,05	0,04	
67271	Kosmos 151	56	540	560	—	0,08	0,04	
64522	Nimbus Rakete	98	428	936	—	0,07	0,07	
64042	Echo I Rakete	47	1500	1700	—	0,00	0,00	

Soweit der Wert $\frac{A}{M}$ bekannt war oder selbst berechnet werden konnte, zeigte sich, daß Satelliten mit einem hohen Wert für $\frac{A}{M}$ in größerem Maße Schwankungen bei i aufweisen. Das sind vor allem die

Ballonsatelliten vom Typ Echo und Pageos, die auf Störungen wie erwartet stärker reagieren als andere Satelliten. Überraschend ist trotzdem die geringe Schwankung bei Echo I, bei dem eventuell die geringe Bahnneigung von 47° die Störwirkung reduzierte.

Das auffallende Verhalten von Pageos veranlaßte uns zu einer speziellen Untersuchung. Bei einer zeitlichen Zuordnung der Werte für i ergibt sich eine sehr interessante Kurve für diesen Ballonsatelliten (siehe Abb. 4, Kurve 1). Die kurzperiodischen Schwankungen der Bahnneigung in einer mittleren Periode von 5,5 Monaten waren Anlaß, weitere Bahnelemente in die Betrachtung einzubeziehen, um Zusammenhänge deutlich zu machen. Besonders nützlich war die Erfassung von geographischer Breite des Perigäums, Rektaszension des aufsteigenden Knotens und seine Stellung zur Sonne, Veränderung der Länge des aufsteigenden Knotens (Präzession), Perigäums- und Apogäumsradius, anomalistische Periode, große Halbachse und Bahnexzentrizität (siehe Abb. 4).

Quantitative Untersuchungen und Berechnungen waren uns wegen des Umfangs nicht möglich, jedoch zeigt bereits die graphische Zusammenstellung deutliche Ergebnisse und Zusammenhänge. Die Größenordnung der Bahnelemente und ihrer Schwankungen sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: Änderung der Bahnelemente bei Pageos A (1967 bis 1971)
(ΔE = größte Schwankung in Prozenten)

Größe	Mittelwert (stark gerundet)	ΔE Prozent	1968/69 befindet sich das
Bahnneigung	85,5 Grad	3,2	Minimum
Präzession	0,15 Grad/Tag	61,7	Maximum
Apogäumsradius	7200 Meilen	13,0	Maximum
Perigäumsradius	5700 Meilen	18,0	Minimum
Exzentrizität	0,10	60,0	Maximum
Periode	180,2 min	0,8	Minimum
große Halbachse	10565 km	0,5	Minimum

2.3.2 Vergleichende Betrachtungen verschiedener Bahnelemente am Beispiel des Satelliten Pageos. Die Kurven 1—4 zeigen in ihrer Grobform einen deutlichen Gleichlauf mit einem Minimum bzw. Maximum am Jahreswechsel 1968/69. Das gilt auch für Bahnexzentrizität (Maximum) und Periode (Minimum), die aus Gründen der Übersichtlichkeit fortgelassen wurden. Die weitere Tendenz der Kurven ist noch nicht eindeutig zu erkennen. Vom Satelliten Pageos sind auch die Werte kurz nach dem Start ab Juli 1966 noch ergänzt worden; sie fügen sich dem Kurvenbeginn glatt an. Es erscheint lohnend, die weitere Entwicklung in den nächsten Jahren zu verfolgen, da auch die Fortführung bis April 1972 noch keine Änderung zeigte.

Ein Vergleich der kurzperiodischen Schwankungen mit Perioden von 5,3 bis 5,5 Monaten zeigt bei den Kurven 1—4 eine meist sehr gute Übereinstimmung.

Die Ursachen liegen in gesetzmäßigen Zusammenhängen, wie sie uns z. B. bekannt sind zwischen der Umlaufzeit und der großen Halbachse der Bahn. Weniger bekannt ist die Kopplung von Präzession, Bahnneigung und Halbachse, wie sie sich in der Formel aus [2] zur Berechnung der Präzession der Satellitenbahn widerspiegelt.

$$d_k = 10 \left(\frac{R}{a} \right)^3 3,5 \cdot \cos i \quad (\text{in Grad pro Tag})$$

(R = Erdradius, a = große Halbachse der Sat. Bahn, i = Bahnneigung)

Der Kurvenvergleich dieser drei Größen bestätigt z. B., daß eine zunehmende Präzession (Knotenwanderung) zusammenfällt mit abnehmenden Werten für die große Halbachse und die Bahnneigung. Da die bisher genannten Größen miteinander gekoppelt sind, scheiden sie als Ursachen für die auf fallenden Perioden der Kurvenverläufe aus. Daher wurden zusätzlich Größen herangezogen, die nicht allein durch den Satelliten selbst bestimmt werden, sondern z. B. seine Lage zur Sonne oder zur Erdkugel kennzeichnen. Dabei konnte eine Reihe von Störungseinflüssen identifiziert werden.

2.3.3. Interpretation einiger Ursachen.

Bereits einleitend wurde auf den großen Einfluß des Strahlungsdrucks besonders auf Ballonsatelliten hingewiesen. Dieser ist die Ursache für die mit einer Periode von 5,3 Monaten schwankenden Kurven für Perigäum, Apogäum und Exzentrizität.

Wenn sich z. B. die Satellitenbahn von der Erde aus gesehen mit ihrem aufsteigenden Knoten in der gleichen Richtung befindet wie die Sonne (abgekürzt $\nearrow \odot \delta = 0^\circ$) und das Apogäum nahe dem aufsteigenden Knoten liegt (Argument des Perigäums rund 180°), so verkleinert der Strahlungsdruck das Apogäum und vergrößert das Perigäum. Durch diese „Verlagerung der Satellitenbahn“ in bezug auf die Erde wird die Bahn kreisförmiger, d. h. die Bahnexzentrizität wird kleiner. Diese Phase

Beispiele für Phasen der Bahnlage

Abb. 1:

$\varphi_P = -10^\circ$; $\delta_{\text{Sonne}} = 10^\circ$
 $\nearrow$ Sonne — aufsteig. Knoten $= 0^\circ$
 P — im Erdschatten

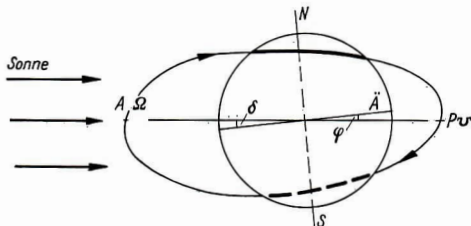


Abb. 2:

$\varphi_P = 0^\circ$; $\delta_{\text{Sonne}} = 0^\circ$
 $\nearrow$ Sonne — aufsteig. Knoten $= 180^\circ$
 P — im Erdschatten

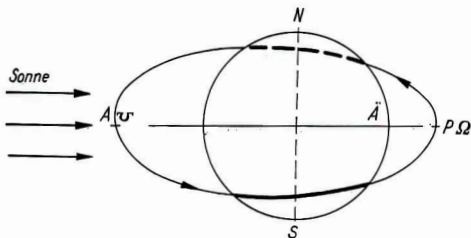
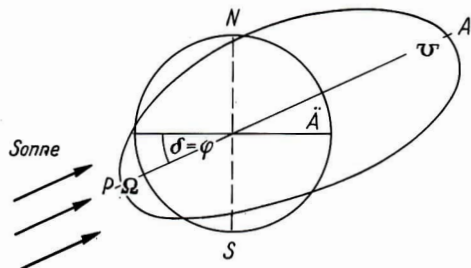


Abb. 3:

$\varphi_P = -23^\circ$; $\delta_{\text{Sonne}} = -23^\circ$
 $\nearrow$ Sonne — aufsteigender Knoten $= 0^\circ$
 Satellit ohne Erdschatten



ist in Abb. 1 dargestellt. Die Formänderung der Satellitenbahn stimmt nicht mit der durch die Abbremsung in der Atmosphäre eintretenden Abnahme des Apogäums überein.

Nach einer Knotenverlagerung um 180° zur Sonne (siehe Abb. 2) innerhalb von etwa 310 Tagen befindet sich das Perigäum im aufsteigenden Knoten ($\nearrow \odot \delta = 180^\circ$). Es tritt die gleiche Wirkung auf wie in Abb. 1. Der optimale Zeitpunkt mit der stärksten Einwirkung des Strahlungsdrucks auf die günstig liegende Satellitenbahn befindet sich zwischen Herbst 1968 und Frühjahr 1969. Es ist eine Stellung denkbar, bei der sich das Perigäum (bei $\nearrow \odot \delta = 0^\circ$ oder 180°) in Sonnenrichtung be-

findet (siehe Abb. 3). Da jedoch die Wanderung des Perigäums mit fast der gleichen Größe erfolgt, wie sich der Knoten verlagert, tritt dieser Fall im Untersuchungszeitraum nicht auf. Er dürfte erst nach einem Zeitraum von vielen Jahren auftreten, wenn man die gegenwärtigen Änderungsbeträge zugrunde legt.

Der Strahlungsdruck müßte maximal wirksam werden, wenn unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Deklination der Sonne eine Übereinstimmung des Vektors der Sonnenstrahlen mit dem Radiusvektor des Perigäums bzw. Apogäums erreicht wird, wie das im November 1968 und März 1969 eintrat. Dieses Zusammentreffen müßte sich mit einer Periode von etwa sieben Jahren wiederholen.

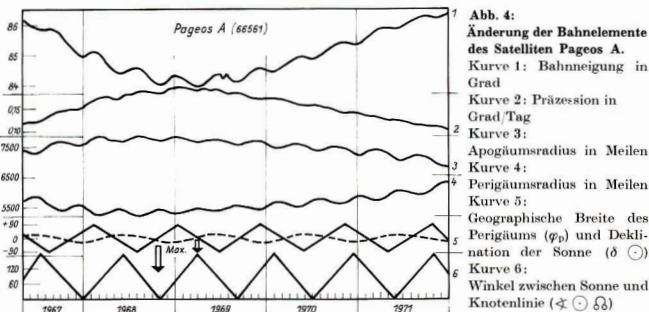


Abb. 4:
Änderung der Bahnelemente
des Satelliten Pages A.
Kurve 1: Bahnneigung in Grad
Kurve 2: Präzession in Grad/Tag
Kurve 3: Apogäumsradius in Meilen
Kurve 4: Perigäumsradius in Meilen
Kurve 5: Geographische Breite des Perigäums (φ_p) und Deklination der Sonne ($\delta \odot$)
Kurve 6: Winkel zwischen Sonne und Knotenlinie ($\alpha \odot \Omega$)

Diese maximale Wirkung des Strahlungsdrucks wird in Abb. 4 durch die Verbindung der Kurven 5 und 6 erkennbar. Kurve 5 sagt aus, über welchem Breitengrad sich das Perigäum bzw. Apogäum befinden (α_p) und zu welchen Zeiten dieser Wert mit dem Stand der Sonne durch ihre wechselnde Deklination übereinstimmt. Wenn diese Übereinstimmung zu einem Zeitpunkt eintritt, zu dem lt. Kurve 6 der $\alpha \odot \Omega = 0^\circ$ oder 180° beträgt, müßten Perigäum und Apogäum am stärksten verändert werden. Beim zeitlichen Vergleich der Kurven 3—6 ist jedoch überraschend, daß die maximale Wirkung 1968/69 nicht zu einem sehr kleinen Minimum des Apogäums, sondern zum Gipfelpunkt der Kurve führt. Ebenso ist das Perigäum in diesem Zeitraum am kleinsten statt im Maximum. Diese Tatsache weist darauf hin, daß der Strahlungsdruck oder auch andere Faktoren zusätzlich auf die Bahn einwirken. Hier bedarf es weiterer Untersuchungen. Bei ähnlichen Untersuchungen am Beispiel des Satelliten Explorer 39 tritt im Gegensatz dazu der normal zu erwartende Fall ein, daß beim optimalen Zusammenwirken von φ_p , $\delta \odot$, $\alpha \odot \Omega$ das bei der Sonne liegende Perigäum sein absolutes Minimum, das Apogäum sein Maximum erreicht; damit wird die Bahn exzentrischer.

Selbstverständlich ist bei der Wirkung des Strahlungsdruckes auf die Satellitenbahn auch zu bedenken, daß sich der Satellit einen Teil des Umlaufes im Erdschatten befindet. Bei Pages trat das von 1967—71 immer nur dann ein, wenn das Perigäum aller 5,3 Monate jenseits der Sonne lag. Das Apogäum wurde infolge seiner großen Höhe nicht vom Erdschatten erfaßt. Die Auswirkung des Schattendurchganges macht sich jedoch nur geringfügig bei den Schwankungen des Perigäums bemerkbar und kann zunächst vernachlässigt werden. Die fast gleichbleibende Erhöhung des Perigäums erfolgt in diesem Falle durch den Sonneneinfluß auf die übrige Bahn (einschließlich Abbremsung bzw. Beschleunigung durch Strahlungsdruck).

3. Ansatzpunkte für weiterführende Untersuchungen

Langperiodische Erscheinungen, mit denen wir uns beschäftigen, bedürfen zur Aufdeckung ihrer Ursachen sicher längerer Meßreihen. Daher ist es unumgänglich, die Veränderung der Bahnelemente noch weitere Jahre zu verfolgen, um übergeordnete Perioden ihres Verlaufes zu erkennen. Das gilt besonders für folgende Erscheinungen:

3.1 Für die große Periode der Kurven 1—4 gibt es noch keine eindeutige Erklärung (siehe Abschnitt 2.3.3). Dazu müssen auch Überlegungen treten, ob das Zusammentreffen der Extremwerte der großen Kurve mit dem Maximum der Sonnenaktivität im Frühjahr 1969 zufällig oder gesetzmäßig war.



„Mariner“ - Marsaufnahmen

Abb. 1 oben: Gewaltiges Rillensystem aus dem Gebiet Noctis Lacus (etwa 95 Grad östlicher Länge und 10 Grad südlicher Breite). Die abgebildete Fläche hat eine Abmessung von 542 mal 426 km.



Abb. 2:

Eine weitere Aufnahme aus dem Gebiet Noctis Lacus, auch hier sind tiefe Grabenbrüche, Krater und ein Hochplateau zu erkennen. Das abgebildete Gebiet umfaßt etwa 120 000 Quadratkilometer.



Abb. 3, unten:

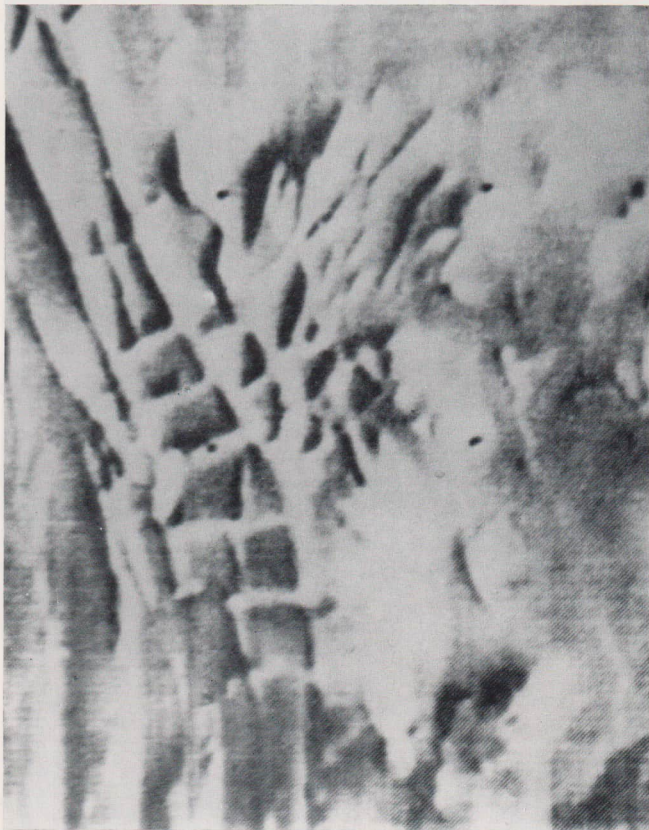
Eine Mars-Nahaufnahme von einem Gebiet mit langgestreckten schmalen Rillen; die breiteste hat hier nur 1,5 km Durchmesser.



Abb. 4:
Eine eigenartige Boden-
formation, die rund
800 km nördlich des
Südpols fotografiert wur-
de. Die muldenförmigen
Vertiefungen haben im
Mittel einen Durchmes-
ser von einem Kilometer.
Ihre Entstehung kann
man sich kaum anders
vorstellen, als daß riesige
Eisblöcke bei ihrem
Schmelzen derartige
Mulden hervorgerufen
haben. Auch diese For-
mationen deuten darauf-
hin, daß vor geologisch
kurzen Zeiten auf dem
Mars Wasser in größeren
Mengen vorhanden war.

Abb. 5:

Phantasiebegabte Betrachter würden diese eigenartigen Strukturen für Bauten von Marsbewohnern halten. Aufgenommen wurden sie in der Nähe des Südpols. Die netzförmigen Erhöhungen bestehen sehr wahrscheinlich aus härterem Oberflächenmaterial, aus dem durch Winderosion Sand ausgeblasen worden ist.



3.2 Dabei wäre auch die Möglichkeit einer Beeinflussung des Satelliten durch seine Wechselwirkung mit dem Plasma der Hochatmosphäre unter Berücksichtigung seiner elektrischen Ladung zu beachten. Da der Satellit Pageos aus einem sehr großen Ballon mit einer aufgedampften Alu-Schicht besteht, können derartige Effekte sicher nicht ausgeschlossen werden. Dabei könnten Einflüsse des Erdmagnetfeldes in Zusammenhang mit der Sonnenaktivität wirksam werden. Damit wäre auch eine Erklärung möglich, warum sämtliche Kurven von 1967 bis 1968 steiler verlaufen als im Zeitraum von 1970 bis 1972. Bekanntlich zeigen die Zyklen der Sonnenfleckenzahlen eine derartige unterschiedliche Steigung.

3.3 Die kleinen Perioden der Bahnneigung (Kurve 1) stimmen ab 1971 nicht mehr so gut mit denen anderer Kurven überein, die sich untereinander gut decken. Auch hier können Faktoren wirken, die die Bahnneigung von Satelliten zusätzlich verändern, besonders wenn die Werte nahe 90° erreichen. Es kommen dabei Kräfte in Betracht, die die Präzession und damit indirekt die Bahnneigung verändern. Das können u. a. die Gravitationswirkungen des Mondes und der Sonne sein.

3.4 Es bleibt schließlich einer späteren Analyse überlassen, ob die mittlere Periode der Kurven von 5,3 Monaten, die 1968/69 etwas niedriger als in den anderen Jahren lag, in einem Zusammenhang mit dem bekannten Halbjahreseffekt steht. Das würde voraussetzen, daß sich die Periode in den nächsten zehn Jahren bis auf etwa 6,5 Monate erhöhen müßte, damit sich eine mittlere Periode von sechs Monaten ergibt.

Zusammenfassung:

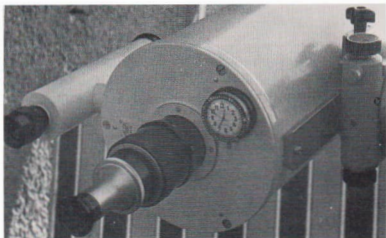
Es kann festgestellt werden, daß das komplexe Zusammenwirken vielfältiger Störkräfte besonders bei Satelliten mit extremen Größenordnungen und Bahnverhältnissen ohne moderne Rechentechnik sehr schwer zu analysieren ist. Selbst die Beschränkung auf die Wirkung der Hauptstörkräfte setzt bei langperiodischen oder langzeitlichen Erscheinungen einen wesentlich längeren Untersuchungszeitraum voraus, als es im vorliegenden Falle möglich war. Daher sollte an dieser Stelle besonders die Anregung zur Fortführung der Untersuchungen hervorgehoben werden.

Literatur:

1. Pfaffe/Stache, Raumschiffe-Raumsonden-Erdsatelliten, Berlin 1970. — 2. Mielke, Heinz, Künstliche Erdsatelliten-Raumraketen, Berlin 1960, S. 98. — 3. Dieminger, W., Kenntnis vom irdischen Raum im Wandel eines Jahrhunderts, Leipzig 1971. — 4. Bulletin der Stationen für optische Beobachtungen künstlicher Erdsatelliten, Moskau. — 5. Roemer, M., Das raumzeitliche Verhalten der Hochatmosphäre, erschlossen aus Bahnänderungen künstlicher Erdsatelliten in: Zeitschrift für Geophysik, Bonn 1969, S. 217—268. — 6. Rotation der Atmosphäre, in: Urania, 9/1971, S. 23.

Eine Uhr für den Astroamateuer

Die Autohaftuhr am Okularendes Cassegrain-Spiegelteleskops 150/900/ 2250.



Vor kurzem erwarb ich zum Preis von 33,50 M eine Autohaftuhr Kaliber 24—32 (Hersteller: VEB Uhrenkombinat Ruhlach). Diese Uhr läßt sich recht vorteilhaft für Beobachtungsaufgaben verwenden, bei denen es nicht auf allzugroße Ganggenauigkeit ankommt. Die Gangleistungen der steinlosen Uhr mit Stiftankergang liegen innerhalb der vom DAMW vorgeschriebenen Grenzen von $-2 \dots +4$ Minuten mittlerem täglichem Gang. Die Magnetplatte der Uhr ermöglicht es, sie einfach an allen ebenen Eisenteilen des astronomischen Fernrohrs zu befestigen. Aus der beigegebenen Abb. ist zu sehen, wie sie am Okularendes des Cassegrain-Spiegelteleskops 150/900/2250 angebracht wurde. Aber auch an der Montierung und an anderen Bauteilen kann die Uhr befestigt werden. Sind keine Eisenteile vorhanden, kann eine vom Hersteller beigegebene Stahlplatte mit selbstklebender Folie angebracht werden, die dann als Träger für die Haftuhr dient. Weitere Vorteile sind ein umlaufender Sekundenzeiger, ein Einstellring für Kurzzeitmessungen und das selbstleuchtende Zifferblatt. Die Uhr ist also für Zeitangaben bei Beobachtungen, zur Zeitkontrolle bei astrophotographischen Aufnahmen und auch in der Dunkelkammer verwendbar.

WILLI SCHULZE

Dr. rer. nat. h. c. Paul Ahnert 75 Jahre



Am 22. November 1972 vollendete Dr. Paul Ahnert, dessen Name sowohl unter den Fachastronomen als auch unter den Astroamateuren in aller Welt wohl bekannt ist, sein 75. Lebensjahr. Einen herzlichen Glückwunsch unserem Jubilar, dem es gelungen ist, mit großem Erfolg die modernen astronomischen Erkenntnisse zu popularisieren und für die Volksbildung zu wirken, der aber auch international anerkannte astronomische Forschungsarbeiten geleistet hat!

1897 in Chemnitz geboren, legte er 1919 auf dem Lehrerseminar Frankenberg die Abschlußprüfung ab und war danach als Lehrer tätig. 1920 begann er als Mitglied des Bundes der Sternfreunde auf seiner Privatsternwarte Burkhardtsdorf (vgl. „Die Sterne“ 5, 67), später in Wittgensdorf, eine systematische Überwachung der Sonne und kontinuierliche Beobachtungen an veränderlichen Sternen. Dabei wurde er von Prof. Graff und Max Beyer gefördert. Auch heute noch betreibt er diese Tätigkeit.

Wegen seiner aufrechten antifaschistischen Gesinnung aus dem Schuldienst entlassen, fand er 1938 bei Prof. Hoffmeister an der Sternwarte Sonneberg einen neuen Arbeitsplatz. Hier konnte er sich ganz der Astronomie widmen und seine Fähigkeiten entfalten. Nahezu 200 wissenschaftliche und populärwissenschaftliche Veröffentlichungen zeugen von dem Fleiß des Jubilars. Sie beziehen sich größtenteils auf die Auswertung seiner Hunderttausende fotografischer und visueller Helligkeitsabschätzungen an veränderlichen Sternen, Abschätzung des Masseverlustes bei Nova-Ausbrüchen, Sonnen-, Mond-, Planeten-, Jupitermond- und Kometenbeobachtungen, Finsternisse, Sternbedeckungen, Doppelsternbeobachtungen, Probleme der Himmelsmechanik (für die sich Dr. Ahnert besonders interessiert) und Astronomiegeschichte (babylonische und ägyptische Astronomie, indische Felszeichnungen usw.). Auf zahlreichen internationalen Tagungen hielt er Vorträge und arbeitete aktiv in astronomischen Gesellschaften und Vereinigungen mit.

Das Hauptanliegen Dr. Ahnerts war und ist aber die Volksbildung und Popularisierung. Dies spiegelt sich in seiner Vortragstätigkeit (Kulturbund, Urania, Lehrerweiterbildung, Schülerkurse, Briefwechsel mit Amateurastronomen) sowie in seiner literarischen Tätigkeit wider. So lieferte er einige Abschnitte des Lehrbuches der Astronomie für die 12stufige Oberschule. In seinen in vielen Auflagen gedruckten Büchern „Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen“ und „Astronomisch-Chronologische Tafeln“ gibt er dem Amateurastronomen unentbehrliches Rüstzeug für dessen Tätigkeit, aber auch dem Fachmann erleichtern diese wichtigen Tafelwerke die Arbeit. Am bekanntesten jedoch ist der seit 1949 erscheinende „Kalender für Sternfreunde“, der außer wichtigen Tafeln und Ephemeriden eine Zusammenstellung der modernsten Ergebnisse auf astronomischem Gebiete bringt. Sinn und Zweck dieses Kalenders schildert Dr. Ahnert in den Vorworten: Es ist ein kleines astronomisches Jahrbuch, das für den Astronomie-Unterricht, für Volks- und Schulsternwarten und Amateurastronomen die nötigen Informationen über die Himmelserscheinungen bietet. Ferner: Trotz großer modern ausgerüsteter Sternwarten gibt es auch heute noch Reservate für den Amateurastronomen, in denen er mit bescheidenen Hilfsmitteln veröffentlichungswürdige Ergebnisse erzielen kann.

Im Jahre 1957 erhielt Paul Ahnert auf Grund seiner Leistungen von der Universität Jena die Ehrendoktorwürde. Zeitweise hatte er in Sonneberg das Amt des stellvertretenden Institutsdirektors und des Leiters der Abteilung „Veränderliche Sterne“ inne.

Sternfreunde, die sich an Dr. Ahnert um Rat wenden, werden sich stets an die Liebenswürdigkeit erinnern, mit der er ihnen hilft.

Man könnte meinen, daß Dr. Ahnert, der schon von fern an der von ihm erzeugten Wolke blauen Tabakdunstes zu erkennen ist, der das Brot nur als Würstbelag verzehrt, der geistigen Getränken nicht abhold ist und der sich erst oberhalb einer Zimmertemperatur von $+35^{\circ}\text{C}$ wohlfühlt, ein medizinisches Wunder sei. Dies ist er aber keineswegs. Seine erstaunliche Vitalität und Jugendfrische ist sowohl auf seine gesunde Natur zurückzuführen, als auch auf sein „dickes Fell“, auf seine Arbeitsfreude und seinen guten Schlaf. So weiß Dr. Ahnert aus früheren Jahren zu berichten, daß ein handelsüblicher Wecker herkömmlicher Bauart außerstande war, ihn zu wecken. Dr. Ahnert benutzte deshalb als selbstgebastelte Weckvorrichtung eine schwere Eisenmasse, die auf klirrende Metallplatten fiel, nachdem eine herunterbrennende Wachskerze vorausberechneter Länge den Haltefaden zerstört hatte.

Noch heute steht unser Jubilar ungeachtet seiner 75 Jahre jede klare Nacht an seinem Instrument, zum Trotz sowohl gegenüber jenen, die der Meinung sind, im „fortgeschrittenen“ Alter von 35 Jahren müsse man aus gesundheitlichen Gründen seinen Beobachterposten einem jüngeren Kollegen abtreten, als auch anderen, die die „ewige Beobachtere“ als abträglich für die astronomische Forschung erachten.

Obwohl seit 1962 im Ruhestand, ist Dr. Ahnert weiterhin an der Sternwarte Sonneberg tätig und arbeitet aktiv mit Rat und Tat, vor allem auch in den gesellschaftlichen Organisationen, mit.

Amateur- und Fachastronomen, insbesondere der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Kulturbundes der DDR, gratulieren ihm, der weder rastet noch rostet, zu seinem Ehrentage und wünschen ihm weiterhin viel Kraft und Erfolg bei der Arbeit.

Dr. G. A. RICHTER

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Tätigkeitsberichte der Fachgruppen des Bezirkes Rostock

Fachgruppe Rostock:

Da die Arbeit an der „Astronomischen Station Rostock“ geleistet wird, ist die Kulturbundarbeit nicht von der schulischen bzw. außerschulischen Erziehungsarbeit zu trennen. Beide beeinflussen einander – sowohl inhaltlich als auch organisatorisch – und sind dementsprechend nur im Gesamtkomplex zu verstehen. Es war das Ziel des Bezirksfachausschusses Astronomie für 1971, die Fachgruppen noch mehr auf die Möglichkeiten solcher Zusammenarbeit zu orientieren. In Rostock arbeiten zwei Fachgruppen (Erwachsene und Jugendliche).

Die Verbreitung astronomischen Wissens nahm den größeren Teil der geleisteten Arbeit ein. Dies geschah durch Vorträge im Planetarium und Führungen am Fernrohr. In den Winter- und Sommerferien wurden allein 101 Vorträge, in der Hauptsache durch die Jugendlichen unserer Fachgruppe im Rahmen der Ferienbetreuung, der FDJ- und Pionierveranstaltungen zu verschiedenen Themen der Astronomie im Planetarium gehalten. Andere Mitglieder unterstützten die obligatorischen Schülerbeobachtungen im Rahmen des Astronomieunterrichtes, die an der Sternwarte absolviert werden bzw. fertigten sie Unterrichtsmittel für den Astronomieunterricht an (Dias und Anschauungstafeln aus eigenen Aufnahmen mit dem Coudé-Refraktor 150/2250 von Sonne, Mond und Planeten).

Neben diesen Aufnahmen und solchen von Verfinsternungen sowie des Merkurdurchganges wurden am Spiegelteleskop fotografische Beobachtungen von Sternfeldern, galaktischen und extragalaktischen Nebeln gewonnen. Eine AG befaßt sich mit der Beobachtung langperiodischer veränderlicher Sterne (Mira-Typ), die sowohl visuell als auch fotografisch erfolgt. Dazu erhielt die AG den Auftrag, eine fotometrische Meßmethode auszuarbeiten. Die fotografischen Arbeiten sind mit einer regelmäßigen Himmelsüberwachung verbunden.

Anläßlich der Kosmos-Ausstellung in Karl-Marx-Stadt wurde eine viertägige Exkursion mit 15 Teilnehmern unternommen. Zwei Fachgruppenmitglieder nahmen an der Studienreise nach Moskau und Leningrad teil.

Um die Breitenwirksamkeit der gesamten Arbeit zu festigen, schloß die Fachgruppe gemeinsam mit der Station mehrere Patenschaftsverträge zum gegenseitigen Vorteil ab, so z. B. mit einem Produktionsbetrieb, der Universität Rostock und mit einem Meisterbereich. Diese Form der Arbeit hat sich gut bewährt.

Fachgruppe Greifswald:

Bisher arbeitete die FG in Räumen des Hauses der Jungen Pioniere, ohne dort allerdings ein stationäres Instrument aufstellen zu können. Im Berichtszeitraum kam es zu einer Vereinbarung mit der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, deren Sternwarte künftig nutzen zu dürfen. Das erklärt, weshalb erst seit Juni 1971 die Beobachtungstätigkeit (Sonne, Mond, Planeten, Sternhaufen und veränderliche Sterne) zielstrebig aufgenommen werden konnte. Bisher lag das Gewicht der Arbeit auf volkbildnerischem Gebiet. Es wurden Vorträge mit über 400 Hörern veranstaltet, bei denen sowohl rein astronomische als auch weltanschauliche Themen behandelt wurden.

Obwohl die Möglichkeit zur Nutzung der Universitätssternwarte ein großer Fortschritt ist, bedarf es noch weiterer organisatorischer Klärungen, wenn die FG-Arbeit effektiver werden soll.

Der Astronomieunterricht und die Jugendstundenarbeit boten ein weiteres Betätigungsfeld für die Mitglieder. Die Anfertigung von Lichtbildern, Modellen und Instrumenten, aber auch die Förderung und Unterstützung der Ausarbeitung astronomischer Jahresarbeiten durch Schüler sowie die Weiterbildung der Astronomielehrer mögen dafür als Beispiele dienen. Die FG beteiligte sich an der Exkursion zur Kosmos-Ausstellung der UdSSR in Karl-Marx-Stadt.

Fachgruppe Heringsdorf:

Im Mai 1971 übernahm Bfr. U. Kaul die Betreuung der Volkssternwarte „M. v. Ardenne“. Bis Jahresende wurden 275 Vorträge und 230 öffentliche Beobachtungen in der Volkssternwarte durchgeführt. Bemühungen sind im Gange, die obligatorischen Schülerbeobachtungen im Rahmen des Lehrplans Astronomie für die 10. Klassen der Oberschulen an der Sternwarte kontinuierlich durchzuführen.

Fachgruppe Stralsund:

Die Sternwarte wurde 1971 von Bfr. Homeyer weiter ausgebaut, so daß sie im Dezember fertiggestellt werden konnte. Das ermöglicht, die bisher sporadisch erfolgten Beobachtungen planvoller durchzuführen, was sich durch Absprache mit der Abteilung Volksbildung auch auf die Schülerbeobachtungen im Rahmen des Astronomieunterrichtes positiv auswirken wird.

Neben Vorträgen wurden vornehmlich öffentliche Beobachtungen mit orientierendem Charakter organisiert. Die Mitglieder der Fachgruppe stellten sich darüber hinaus als Gesprächspartner bei der Vorbereitung auf die Jugendwehe zur Verfügung.

Fachgruppe Rostock-Land:

Die FG besitzt in der Mühlen-Sternwarte Blankenhagen ihr Domizil und wandte sich 1971 wie die anderen FG des Bezirkes besonders der Unterstützung des Astronomieunterrichtes zu. Außerdem wurden Vorträge gehalten und am 150/2250-Cassegrain-Spiegel öffentliche Beobachtungsabende durchgeführt. Die Sternwarte wurde von mehreren Gruppen (z.T. aus anderen Kreisen) besucht.

Der Bezirksfachausschuß Rostock stellt abschließend fest, daß zwar eine Reihe der im Arbeitsplan 1971 gestellten Aufgaben mit gutem Erfolg gelöst wurde, die Ausdehnung der Fachgruppenarbeit auf weitere Kreise des Bezirkes (wie Grimmen, Wolgast, Rügen, Ribnitz-Damgarten, Wismar und Grevesmühlen) jedoch noch nicht erreicht werden konnte. Daran weiter zu arbeiten, ist eine der künftigen Aufgaben.

(Der Berichterstatter benutzte Materialien, die vom Vorsitzenden des BFA, Bfr. G. Weinert, zur Verfügung gestellt wurden.)

HEINZ ALBERT

Aus der Literatur

Expandierender Ring interstellaren Gases mit Expansionszentrum nahe der Sonne

Es gibt Hinweise dafür, daß ein expandierender Ring interstellaren Gases (H I-Materie) in der Umgebung der Sonne existiert. Die große Achse des Ringes beträgt 1300 pc, die kleine Achse 560 pc. Die Materie des Ringes könnte Quelle einer OH-Emission sein. Die Expansionsenergie beträgt zum gegenwärtigen Zeitpunkt mehr als 10^{51} erg. Die Temperatur liegt bei etwa 2500 °K. Die Materie des Ringes könnte der Rest einer großen Supernova-Typ-III-Explosion in der Nachbarschaft der Sonne sein. Die Explosion würde 10^7 Jahre zurückliegen. Dabei müßte eine Energie von 10^{53} erg freigesetzt worden sein.

Sm.

Energie aus dem Weltraum?

Von der Raumfahrt gingen in den letzten Jahrzehnten die wesentlichsten Impulse für die Entwicklung von Methoden zur Konversion von Sonnenenergie in Elektroenergie aus. In den anorganischen Solarzellen auf Halbleiterbasis (Silizium, Galliumarsenid, polykristalline Mischkristalle) wurden Wandler geschaffen, die auch energiewirtschaftlich von Interesse sind. Der theoretisch mögliche Wirkungsgrad liegt bei etwa 24 Prozent, heute erreichte Werte bei maximal etwa 15 Prozent. Mit der Erschließung organischer Halbleiter als neue Generation von Basismaterialien wäre nicht nur ein günstigeres Verhältnis Leistung : Masse möglich, sondern auch ein höherer Wirkungsgrad, der theoretisch bei 100 Prozent liegt [1].

Unter Verwendung heute üblicher Solarzellen ließe sich beispielsweise ein jährlicher Energiebedarf in der Größenordnung von 10^{11} kWh decken, wenn unter Zugrundelegen der in der Wüste Sahara herrschenden Strahlungsverhältnisse eine Fläche von 30×30 km mit Solarzellen bedeckt würde. Günstigere Verhältnisse ergäben sich beim Aufbau von Sonnenkraftwerken außerhalb der Erdatmosphäre, da hier die Sonnenenergie ungeschwächt zur Verfügung steht. Bekanntlich gehen durch die Erdatmosphäre etwa 40 Prozent der an der oberen Atmosphärenengrenzzone ankommenden Solarenergie verloren, nur etwa 60 Prozent erreichen die Erdoberfläche.

Experten halten es für möglich, daß durch die Entwicklung der Raumfahrt schon in absehbarer Zeit die Voraussetzungen geschaffen werden könnten, Solarkraftwerke im Kosmos aufzubauen und die durch Wandlung erzeugte Elektroenergie auf wirtschaftliche Weise zur Erde zu übertragen.

So sind Projektvorschlüsse zur Errichtung von Sonnenkraftwerken auf dem Mond bekannt [2]. Auf dem Mond treffen je Sekunde und Quadratmeter 1400 Joule auf. Auf einem Krater von 100 km Durchmesser kann die Sonnenenergie 1000 GW (Gigawatt) betragen, woraus durch ein Solarzellenaggregat etwa 100 GW erzeugtbar sind, bedeutend mehr als durch eine vergleichbare Anlage auf der Erde. Durch die Verteilung mehrerer Sonnenkraftwerke entlang des Mondäquators wäre für einen irdischen Nutzer eine kontinuierliche Energieversorgung möglich, wenn das Übertragungssystem zur Erde jeweils von einem Kraftwerk zum anderen umgeschaltet würde.

Optimales Übertragungsmedium zur Erde ist nach heutigem Stand der Laserstrahl. Ein solcher Strahl würde auf der Erde eine Fläche von weniger als 1 km Durchmesser ausleuchten. Seine Energiedichte ist mindestens um den Faktor 10^8 höher als die konventioneller Lichtquellen.

In analoger Weise sind Sonnenenergieversorgungsanlagen unter Verwendung künstlicher Erdsatelliten möglich und vorgeschlagen worden. Eine Realisierung dürfte allerdings erst mit der Einsatzreife organischer oder in der Leistungsfähigkeit vergleichbarer Werkstoffe ernsthaftere Gestalt annehmen.

Im günstigsten Fall würde ein solches Energie-Satellitensystem aus zwei geostationären Satelliten mit großflächigen Solarzellenaggregaten bestehen, die so positioniert sind, daß jeweils mindestens einer von der Sonne beschienen wird. Jedem Satelliten ist eine Erdempfangsstation zugeordnet, die im „Verbundbetrieb“ arbeitet.

Freilich bedürfen derartige Zukunftsprojekte noch der Lösung zahlreicher technisch-technologischer Probleme, wenngleich die ihnen zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien bereits heute bekannt und weitgehend gelöst sind [3].

h—n

Nach: [1] TILL, L.: Aspekte des Sauerstoff- und Energiebedarfs der Erde, Teil II; Wissenschaft und Fortschritt 21 (1971) 6, S. 404—407. — [2] DÖ.: Elektroenergie vom Mond; Elektrik (1969), H. 12, S. U 195 (nach: Electrical Review, 184 (1969) 19, S. 689).

Die NASA läßt gegenwärtig die Möglichkeit prüfen, Sonnenenergie ohne Absorption durch die Erdatmosphäre zu transportieren. Die Studie einer amerikanischen Firma sieht vor, die mit den Solarzellen eines Satelliten gewonnene elektrische Energie anschließend in Mikrowellen umzuwandeln, die scharf gebündelt zur Erde gesandt werden. Eine Leistung von 10

Megawatt könnte ein Satellit übertragen, der in einer stationären Umlaufbahn im Abstand von 37300 km zur Erde fliegt und ein Sonnensegel von 64 Quadratkilometer Fläche besitzt. Die Antennenanlagen auf der Erde würden eine Fläche von 92 Quadratkilometern benötigen. (ND)

Position und Identifikation in der Röntgen-Quelle Cygnus X-1

Bisher war die Identifikation der Cyg X-1 Quelle mit einem optischen Objekt nicht eindeutig. Die Ergebnisse ließen 2 Identifikationsmöglichkeiten zu. Neueste Beobachtungen haben ergeben, daß die Röntgen-Quelle Cyg X-1 identisch ist mit dem Stern BD + 34° 3815.

Cyg X-1 α (1950) = $19^{\text{h}}56^{\text{m}}28^{\text{s}}.87 \pm 0^{\text{s}}.02$

δ (1950) = $+35^{\circ}0'35''.0 \pm 0''.3$

BD + 34° 3815

α (1950) = $19^{\text{h}}56^{\text{m}}28^{\text{s}}.88$

δ (1950) = $+35^{\circ}0'35''.9$

BD + 34° 3815 ist ein BO Ib Stern von 8,9 Größenklassen, ein früher Überriese also. Es ist jetzt bekannt, daß es sich um einen spektroskopischen Doppelstern mit einer Periode von 5,6 Tagen handelt.

Aus Radialgeschwindigkeitsmessungen konnten untere Grenzen für die Massen des B-Sternes und des unsichtbaren Begleiters von 12 bzw. 3 Sonnenmassen abgeleitet werden. Aus bestimmten Emissionslinien im Spektrum des Doppelsternsystems glaubt man den Schluß ziehen zu können, daß leuchtendes Gas vom B-Stern zum Begleiter strömt, der möglicherweise identisch ist mit einem „schwarzen Loch“.

Sm.

Extragalaktische Ca II - Absorptions-Linien

Am 13. Mai 1972 entdeckte Charles T. Kowal auf einer Aufnahme des 18-Inch-Teleskopes eine Supernova von 8,5 Größenklassen in der Galaxis NGC 5253 α (1950) = $13^{\text{h}}37^{\text{m}}11^{\text{s}}$, δ (1950) = $-31^{\circ}24'$, die 2° südlich von M 83 liegt. Die photographische Helligkeit der Galaxie ist 10,8 Größenklassen. Zurückliegende Aufnahmen vom 12. März 1972 zeigen am Ort der Supernova einen Stern 16. Größe. Bei der Supernova handelt es sich um die vierthellste überhaupt. Es ist die 2. Supernova im NGC 5253. Die erste wurde im Jahre 1895 gefunden, sie erreichte eine scheinbare Helligkeit von 8 Größenklassen. Spektroskopische Untersuchungen ergaben, daß es sich um eine Supernova vom Typ I handelt. Spektrogramme, die in Asiago am 24. Mai 1972 gewonnen wurden, sind typisch für ein derartiges Objekt 20 Tage nach der Maximalhelligkeit. Das bedeutet, daß die Supernova etwa am 4. Mai 1972 aufgeleuchtet sein mußte.

Am Interamerican Observatory in Chile wurden mit dem 60-Inch-Spiegel Spektren mit einer reziproken Dispersion von $39 \text{ \AA/nm}$ gemacht. Diese Spektren zeigen die H- und K-Linien des C II in Absorption galaktischen Ursprungs und solche mit einer Radialgeschwindigkeit von mehr als 400 km/s.

Radialgeschwindigkeiten in km/s bezogen auf die Sonne

Datum		K ₁	K ₂	H ₁	H ₂
1972 Mai 26	0 ^h 00 ^m	0	+427	-11	+408
29	1 ^h 45 ^m	-4	443	-7	420
29	3 ^h 46 ^m	-5	428	-10	417
29	3 ^h 54 ^m	-7	448	-5	413
29	5 ^h 07 ^m	+6	434	-5	438

Die „rotverschobenen“ Absorptionslinien (H₂, K₂) entstanden in der interstellaren Materie im NGC 5253. Die Turbulenzparameter der Linien lassen erkennen, daß die Absorptionsseicht im NGC 5253 schmalere ist im Vergleich zu der unseres Sternsystems. Außerdem kann den Beobachtungen entnommen werden, daß die Menge der absorbierenden Materie im NGC 5253 um etwa den Faktor 10 kleiner ist als im Milchstraßensystem.

Sm.

Nach: Informations Bulletin on variable Stars Number 686.

Neues von Jupiter und Saturn

Mit Hilfe des Polarisationsverfahrens stellte Otar Bolkowadse von der Sternwarte Abastumani (Transkaukasien) fest, daß sich die äußere Atmosphäre des Jupiter durch Sonnenstrahlung im Westen mehr erwärmt sowie von Ärosolen durchsetzt ist. Sie sei deswegen weniger durchsichtig als im Osten. Ferner wurde ermittelt, daß über den Nord- und Südgürteln des Planeten die über den Wolken liegende Schicht der Gasatmosphäre dichter ist als über anderen Gebieten. Auf Grund langjähriger Beobachtungen gelangte Bolkowadse zu dem Schluß, daß die Wolkenatmosphäre dieses Planeten aus Teilchen mit einem Durchmesser von höchstens 0,3 Mikrometern bestehen müsse.

Amerikanische Biologen stellten in einem Labor ein Gasgemisch her, das in seiner Zusammensetzung der Jupiteratmosphäre entsprach. Das Gemisch wurde, nachdem es mit Bakterien geimpft worden war, in verschiedenen Behältern unterschiedlichen Temperaturen und Drücken ausgesetzt. In jenem Behälter, in dem Bedingungen herrschten, die etwa der Hochatmosphäre des Planeten entsprachen, überlebten mehr als die Hälfte der Mikroorganismen.

Auf Grund radioteleskopischer Messungen am Teleskop in Arecibo (Puerto Rico) werden in der Saturnatmosphäre Temperaturen zwischen 115 bis 275 °C angenommen.

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pfaffe

15 Jahre Raumfahrt — Rückblick und Ausblick

KARL-HEINZ-NEUMANN

Der 4. Oktober 1957 ist als historisches Datum in die Weltgeschichte eingegangen. Die Sowjetunion eröffnete mit dem Start von Sputnik 1 das Zeitalter der Raumfahrt. 15 Jahre sind seither vergangen, und die Entwicklung ging eigentlich bedeutend schneller voran, als man es sich nach dem Start des ersten Sputniks erträumte. Schon etwa $3\frac{1}{2}$ Jahre danach flog der erste Mensch, der sowjetische Kosmonaut Juri Gagarin, mit seinem Raumschiff Wostok einmal um die Erde. Nach knapp 12 Jahren schon setzten die ersten Menschen, die amerikanischen Astronauten Armstrong und Aldrin ihren Fuß auf den Mond. Aber nicht die Menschenflüge allein sind die Höhepunkte der Entwicklung, obgleich sie für die breite Öffentlichkeit natürlich im Mittelpunkt des Interesses stehen. Eher der Mensch weiter in den Kosmos zu anderen Planeten vordringt, werden ohne Zweifel noch Jahrzehnte vergehen.

Im folgenden soll versucht werden, eine Einschätzung über die bisherige Entwicklung und einen kurzen Ausblick auf die zu erwartenden Ereignisse in der Raumfahrt zu geben.

Die Jahre 1957/58 kann man sozusagen als experimentelle Anfangsphase der Raumfahrt betrachten. Die Sowjetunion setzte in diesem Zeitraum nur drei Satelliten ein. Aus heutiger Sicht betrachtet, war Sputnik 1 ein erster Test-Satellit. Mit ihm sollte — neben der Funktionstüchtigkeit der Trägersrakete — getestet werden, ob alle technischen Entwicklungen (Funktion eines Senders, Temperaturbelastung, Vakuumdichte des Körpers usw.) sich in der Praxis des Fluges im erdnahen kosmischen Raum bewähren. Sputnik 1 bestand diesen Test, so daß ihm bereits einen Monat später der zweite folgen konnte, bei dem in der Aufgabenstellung im Mittelpunkt das biologische Experiment mit der Hündin Laika stand. Schon damals konnte man erkennen, daß eines der wesentlichen Ziele der sowjetischen Raumfahrt die Realisierung des Menschenfluges in der Erdsatellitenbahn ist.

Der am 15. März 1958 gestartete Sputnik 3 war ein komplexer geophysikalischer Satellit, mit dem die Grundparameter der physikalischen Verhältnisse des erdnahen Raumes untersucht werden sollten. Die Meßwerte und der Flug der ersten beiden Sputniks hatten deutlich gemacht, daß doch grundsätzliche Widersprüche zu den bis dahin existierenden Vorstellungen über die physikalischen Parameter der Hochatmosphäre existieren.

Die ersten Satelliten der USA, Explorer 1, 3 und 4 sowie Vanguard 1, die im Jahre 1958 gestartet wurden, waren erste tastende Versuche, Kenntnisse über die physikalischen Parameter des erdnahen kosmischen Raumes zu erhalten. Wegen der Beschränkung der möglichen Nutzmasse konnten nur wenige Geräte mitgeführt werden (Geiger-Zähler und Mikro-meteoriten-Detektoren). In der zweiten Hälfte des Jahres 1958 begannen dann auch die ersten Versuche mit Mondflugkörpern, die allerdings bis zum Jahre 1964 sämtlich hinsichtlich des Mondes nicht erfolgreich waren. Pioneer 0 und 2 waren Fehlstarts, Pioneer 1 und 3 erreichten nicht die zweite astronautische Geschwindigkeit und fielen zur Erde zurück. Im Dezember des Jahres 1958 wurde mit dem Satelliten Score die Serie der Raumflugkörper mit militärischer Aufgabenstellung eingeleitet (Experimentsatellit für Nachrichtenübermittlung der US-Army).

Die Jahre 1959 bis 1961 kann man als experimentelle Entwicklungsphase der Raumfahrt bezeichnen. Zahlreiche erste Experimente, die nur zum Teil erfolgreich waren, fallen in diesen Zeitraum.

Das Jahr 1959 war ausschließlich der ersten Mondforschung gewidmet. Luna 1 erreichte als erster Raumflugkörper die zweite astronautische Geschwindigkeit, Luna 2 schlug die erste Brücke von der Erde zum Mond, und Luna 3 ließ die Menschheit einen ersten Blick auf die Rückseite des Mondes werfen. Die folgenden beiden Jahre standen ganz im Zeichen der bemannten Raumfahrt. Drei unbemannte Raumschiffe im Jahre 1960. Raumschiff 2 war die erste mit Versuchstieren besetzte Kommandokabine eines Raumschiffes, die wohlbehalten zur Erde zurückkehrte. Zwei weitere Kommandokabinen landeten 1961, ehe Juri Gagarin seinen ersten Flug ausführte. Noch im gleichen Jahr umrundete German Titow in Wostok 2 die Erde 24 Stunden lang. Ebenfalls in diesen Zeitraum fiel auch der Start der ersten Planetensonde Venus 1. Hier wandte die Sowjetunion erstmalig das Verfahren des Starts einer Sonde aus einer Erdsatellitenbahn an.

Auch den USA ging es in dieser Zeit darum, die Technik der Rückführung von Satellitenkapseln aus der Erdumlaufbahn beherrschen zu lernen. Allerdings war die Zielsetzung hier eine andere. Nicht die Rückkehr des Menschen nach einem absolvierten Raumflug wurde angestrebt, sondern die Rückführung von Kapseln, die Fotomaterial enthalten, auf dem Aufnahmen zur – wie sie es nennen – Erkundung, also zur Spionage enthalten waren.

1959 lief die Serie der Discoverer-Satelliten an. Speziell hierfür war eine Zweitstufe entwickelt worden, die Agena, welche ein wiederzündbares Antriebssystem besaß und voll lagestabilisiert war. Erst bei Discoverer 14, im August 1960, gelang es, eine zurückgeführte Kapsel auch zu bergen. Bis Ende 1961 (Discoverer 38 wurde im Februar 1962 gestartet) dauerten die Experimente mit dieser Serie. Damit ergab sich bereits ab 1959 ein Übergewicht an Satelliten, die rein militärischen Aufgaben dienten. Dazu kamen noch die ersten Experimente mit Satelliten für Navigationszwecke (für atomgetriebene raketen-tragende U-Boote) der Serie Transit; der erste glückliche Start eines Midas-Satelliten, der mit Infrarotsensoren den Start von ballistischen Raketen melden sollte, und ein weiterer Versuch der US-Army (Courier 1 B) für Satelliten zur Nachrichtenübermittlung.

Die Satelliten mit wissenschaftlichen Aufgabenstellungen blieben – wie schon angedeutet – in dieser Periode zahlenmäßig unter denen der militärischen Raumflugkörper. 7 Explorer und 2 Vanguard-Satelliten mit verbesserter wissenschaftlicher Apparatur wurden eingesetzt. Für Wetterbeobachtungssatelliten lief die Serie der Tiros (in der Periode 3 Starts) an. Ein Experiment für passive Nachrichtenübermittlung erfolgte mit dem Ballon-Satelliten Echo 1. Auch die ersten Experimente für den bemannten Flug mit der Mercury-Kapsel begannen mit unbemannten Mercury-Flugkörper-Kapseln im Jahre 1961 (Mercury 4 und 5). Die Versuche der Entsendung von Mondforschungsflyern Pioneer sowie Ranger 1 und 2 blieben erfolglos. Mit Pioneer 5 konnte die erste Meßsonde in den interplanetaren Raum entsandt werden.

Den Zeitraum ab 1962 kann man als jene Phase in der Entwicklung der Raumfahrt betrachten, bei der zumindest für Erdsatelliten der Zeitpunkt der Einsatzreife im wesentlichen erreicht war. Natürlich treten auch nach 1962 neue Typen auf, es besteht aber von diesem Zeitpunkt an in der Beherrschung der Satelliten- und Rückführtechnik bereits ein relativ hoher Grad an Sicherheit.

Die Sowjetunion begann mit der äußerst umfangreichen Serie der Kosmos-Satelliten. Mehr als 500 derartige Raumflugkörper erreichten seit dem 16. März 1962 ihre Erdumlaufbahn. In den ersten beiden Jahren wurden je 12 derartige Satelliten eingesetzt. 1964 waren es 24 Starts (durch Mehrfachstarts 27 Satelliten), 1965/66 insgesamt 36 bzw. 34 Starts, und ab 1967 blieb die Anzahl der Starts etwa konstant. Sie beträgt zwischen 60 und 70 Starts pro Jahr.

Aus der Kosmos-Serie gingen eine Reihe von Anwendungs-Satelliten hervor. Als erste sind zu nennen die Nachrichten-Satelliten vom Typ Molnija. Das erste Experiment mit diesem Satellitentyp erfolgte mit Kosmos 41 im Jahre 1964. Auch die Serie der Wettersatelliten vom Typ Meteor hat ihren Ursprung in der Kosmos-Serie. Zu nennen sind folgende direkten Vorläufer: 1964 – Kosmos 44; 1965 – Kosmos 58 und Kosmos 100; 1966 – Kosmos 118 und 122. Letztgenannter war übrigens der erste Einsatzflug. Die von diesem Satelliten gewonnenen Wetterbilder waren die ersten, die mit der NASA ausgetauscht wurden. Weiterhin 154, 156 und 184 im Jahre 1967. Kosmos 206 und 226 waren Wettersatelliten des Jahres 1968. Ab 1969 erhielten diese Satelliten die Bezeichnung Meteor.

Als Experimental-Satelliten ansprechen muß man Polyot 1 (1963) und Polyot 2 (1964), mit denen Bahnänderungen ausgeführt wurden.

1964 wurden zweimal je zwei Satelliten der Serie Elektron gestartet. Ihre Besonderheit bestand darin, daß mit einer Träger-rakete jeweils zwei Satelliten unterschiedliche Umlaufbahnen erhielten. Erreicht wurde das dadurch, daß jeweils der erste Satellit noch während des Arbeitens des Triebwerks der letzten Raketenstufe aus dieser mit einem eigenem Raketenantrieb herausgestartet wurde. Elektron 1 und 3 bewegten sich auf Bahnen, die der Untersuchung des inneren Strahlungsgürtels dienten. Die beiden jeweiligen zweiten Satelliten dagegen durchflogen die Bereiche des äußeren Strahlungsgürtels.

Spezielle Satelliten zur Untersuchung der primären kosmischen Strahlung, die die Bezeichnung Proton trugen, wurden 1965 (Nummer 1 und 2), 1966 (Nummer 3) und 1968 (Nummer 4) eingesetzt. Ihre Masse lag bei 12,5 bzw. 17,5 Tonnen. Zu ihrem Start wurde ein neuer Trägeraketentyp eingesetzt.

Blieben wir bei Erdsatelliten, die zur Erforschung des erdnahen kosmischen Raumes dienen, so sind als nächstes die Interkosmos-Satelliten zu nennen, die in Gemeinschaftsarbeit mit den Ländern des sozialistischen Lagers ausgerüstet und von der Sowjetunion gestartet wurden. 1969 waren es die ersten beiden, Interkosmos 3 und 4 wurden 1970 aufgesandt und die fünfte dieser Serie erreichte 1971 seine Erdumlaufbahn. Der sechste Interkosmos wurde 1972 gestartet. Er war der erste dieser Reihe, bei dem der Instrumentenbehälter nach 13 Tagen zurückgeführt worden ist. Damit hatte auch die Serie der Interkosmos-Satelliten die Qualität der Kosmos-Reihe erreicht. Ende 1971 startete ein Satellit mit der Bezeichnung Oriol, der speziell der Untersuchung der Gebiete der Polarlichtzonen diente. In ihm waren Instrumente installiert, die von französischen Wissenschaftlern entwickelt worden waren.

Im April 1972 tauchte bei den sowjetischen Satelliten ein neuer Typ auf. Er trägt die Bezeichnung Prognos. Hauptaufgabe des ersten Satelliten dieser Serie besteht in der Überwachung der Sonnenaktivität. Durch sein Apogäum von rund 200 000 km beträgt die Zeit des Durchlaufens des Erdschattens weniger als ein Prozent seiner Umlaufzeit.

In der Anzahl der Starts durch die USA dominieren in erster Linie Satelliten mit militärischem Charakter. Die Nutzmassen mit wissenschaftlichen Aufgabenstellungen, die die USA seit 1962 starteten, machen nur etwa ein Drittel der Gesamtstartzahl aus.

Die Serie der Explorer-Satelliten wurde weiter geführt, die Satelliten selbst waren wesentlich verbessert, und was die wissenschaftliche Ausbeute betrifft, bedeutend leistungsfähiger als in den Anfangsjahren. Jährlich wurden etwa 3 Explorer gestartet (die maximale Startrate 1964 waren 6 Explorer). Sie dienten im wesentlichen der Untersuchung und ständigen

Überwachung der physikalischen Parameter des erdnahen kosmischen Raumes als auch des erdnahen interplanetaren Raumes (einige IMP-Explorer hatten extrem langgestreckte elliptische Flugbahnen).

Daneben wurden SpeziaSatelliten für ganz bestimmte Forschungsaufgaben eingesetzt. Darunter fallen OSO gleich Orbiting Solar Observatory,OGO gleich Orbiting Geophysical Observatory und OAO gleich Orbiting Astronomical Observatory. Ferner drei biologische Satelliten mit der Bezeichnung Bios und Sert 2 zu Experimenten für den Ionenantrieb. Ferner sind zu nennen Echo 2 und Pagesos 1 als Ballonsatelliten.

Die ersten Nachrichtensatelliten, zum Teil noch mit experimentellem Charakter wie Telstar und Relay sowie Syncom, tauchten 1962 und 1963 auf. Syncom 3, der 1964 gestartet wurde, kann man schon als Einsatzttyp bezeichnen. Nach der Übertragung der Olympischen Spiele von Tokio ging er in die Hände der Militärs über. Der erste Nachrichtensatellit der Intelsat-Serie tauchte 1965 mit der Bezeichnung Early Bird auf. 1966/67 wurden die Satelliten der Serie Intelsat 2 eingesetzt, 1968 – 1970 die weiter verbesserten Satelliten vom Typ Intelsat 3 und 1971/72 tauchte der Typ Intelsat 4 auf.

Die schon begonnene Serie der Wettersatelliten vom Typ Tiros lief bis 1965. Diese Satelliten kann man als Experimentalflugkörper bezeichnen, mit Ausnahme von Tiros 10, mit dessen Hilfe bereits ATP-Bilder übertragen wurden. Abgelöst wurde die Tiros-Serie durch die ESSA-Satelliten im Jahre 1966. Bis 1969 wurden weitere ESSA-Satelliten gestartet, der letzte, ESSA 8, war Mitte des Jahres 1972 noch in Tätigkeit. Die Nachfolgetypen haben die BezeichnungITOS bzw. NOAA, 1970 wurden zwei eingesetzt. Komplexer in der Aufgabenstellung, aber stör anfälliger wegen des aktiven Lageregelungssystems waren die vier Nimbus-Wettersatelliten, die von 1964 bis 1970 gestartet wurden. Keiner von ihnen war Mitte 1972 noch in Betrieb.

Die in einer Synchronbahn die Erde umlaufenden fünf Satelliten vom Typ ATS gleich Applied Technological Satellite sendeten über ATP ebenfalls Wetterbilder, zum Teil farbig, von der jeweils sichtbaren Erdhälfte.

Zu den wissenschaftlichen Satelliten zählen ferner jene, die von USA für andere Länder gestartet wurden. Kanada war der erste Partner der USA. Der erste Satellit Alouette, der – wie auch die Nachfolger – der Ionosphärensondierung diente, war allerdings ein Projekt des kanadischen Verteidigungsministeriums. Die Nachfolger trugen die Bezeichnung Iris. Die Satelliten von Großbritannien haben die Bezeichnung Ariel. Außerdem wurden zwei Nachrichtensatelliten des britischen Verteidigungsministeriums mit der Bezeichnung Skynet mit amerikanischen Raketen in Synchronbahnen gebracht. Die italienischen Satelliten, die von einer Meeresplattform nahe der Küste Kenias mit amerikanischen Scout-Raketen gestartet wurden, tragen die Bezeichnung San Marco. Auch einen französischen Satelliten mit der Bezeichnung FR-1 starteten die USA. Für die westeuropäische ESRO wurden von den USA Satelliten vom Typ Heos, ESRO, Boreas und TD-1A auf die Bahn gebracht. Auch der erste Satellit der BRD mit der Bezeichnung Azur erreichte seinen Orbit mit einem amerikanischen Träger.

Bei der Entwicklung der bemannten Raumfahrt gibt es grundsätzliche Unterschiede in der Zielstellung zwischen den beiden großen Weltraummächten. Bei der Sowjetunion geht sie eindeutig in Richtung einer Erdaußenstation mit Beobachtungsaufgaben vornehmlich bezüglich der Erde.

1962 erfolgte mit Wostok 3 und 4 zum ersten Mal ein Gruppenflug zweier Raumschiffe. Dieses Unternehmen wurde mit Wostok 5 und 6 1963 wiederholt, nur daß in Wostok 6 erstmalig eine Frau, die Kosmonautin Valentina Tereschkowa-Nikolajewa, flog. 1964 folgte erstmalig ein 3-Mann-Flug, wobei neben dem Kommandanten Komarow zwei Wissenschaftler, der Physiker Feoktistow und der Arzt Jegorow beteiligt waren. 1965 folgte Wodhok 2. Der Kosmonaut Leonow war der erste Mensch, der sein Raumschiff während des Fluges verließ. Die Raumschiffe der Serie Wostok (Wodhok ist nur eine geringfügige Modifikation von Wostok) gehören sozusagen zur ersten Generation. Sie besaßen ein Triebwerk, mit dessen Hilfe aber nur die Rückkehr zur Erde eingeleitet werden konnte. Bezüglich der räumlichen Lage waren sie zwar manövrierfähig aber nicht hinsichtlich der Flugbahn. Für die weitere Entwicklung war deshalb ein neuer Raumschiffstyp notwendig. Neben zahlreichen unbemannten Experimenten (s. oben) erfolgte 1967 der erste bemannte Flug mit Sojus 1. 1968 führte Beregowoi mit seinem Raumschiff Sojus 3 zahlreiche Annäherungsmanöver an das unbemannte Raumschiff Sojus 2 aus, es wurden also hierbei experimentell die Voraussetzungen für die Kopplung mit einem anderen Raumschiff geschaffen. Diese erfolgte 1969 zwischen Sojus 4 und 5, wobei zwei Besatzungsmitglieder von Sojus 5 in Sojus 4 überstiegen und mit diesem Raumschiff landeten. Ins gleiche Jahr fällt der Gruppenflug der Raumschiffe Sojus 6, 7 und 8. Zwischen diesen drei Raumschiffen wurden zahlreiche Experimente der Annäherung, Navigationsübungen und daneben natürlich auch wissenschaftliche Beobachtungen sowie in Sojus 6 Experimente zur Schweißtechnik unter Vakuumbedingungen ausgeführt. 1970 folgte dann ein Langzeitflug mit Sojus 9. Neben zahlreichen Beobachtungsaufgaben ging es hierbei um die Erprobung der Sicherheit des Sojus-Raumschiffes bei langen Einsätzen, um medizinische Untersuchungen speziell bezüglich der Schwerelosigkeitswirkungen u. ä.

Die erste Raumstation Salut 1 startete 1971 unbemannt. Das Raumschiff Sojus 10 koppelte, um das Zusammenwirken der beiden unterschiedlichen Systeme Sojus und Salut experimentell zu untersuchen. Die erste Besatzung brachte das Raumschiff Sojus 11 zur Salut-Station. Die drei Kosmonauten arbeiteten 24 Tage lang in dieser Raumstation, wobei es neben medizinischen und anderen Aufgaben vor allem darum ging, optimale Beobachtungsmethoden zu finden. Danach wurde die Station Salut noch für mehrere Monate unbemannt eingesetzt. Speziell das letztgenannte Unternehmen zeigt noch einmal deutlich die Zielrichtung der sowjetischen Raumfahrt. Dem Raumschiff vom Typ Sojus kommt die Rolle eines Transportraumschiffes zu (für Menschen und Material), während der eigentliche Arbeitsraum eine separat gestartete Station darstellt. In der weiteren Entwicklung ist damit zu rechnen, daß noch größere Einheiten in der Erdumlaufbahn zu noch größeren Stationen zusammengefügt werden.

Die bemannte Raumfahrt der USA stand praktisch von Anfang an unter der Zielstellung der Apollo-Unternehmen. Die bei den ersten drei Flügen 1962 und beim vierten Flug 1963 eingesetzte Kapsel für den Astronauten trug die Bezeichnung Mercury. Diese ersten bemannten Raumflugkörper der USA waren ebenfalls nicht in der Lage, Bahnänderungen auszuführen.

Der Nachfolgetyp, sozusagen die zweite Generation, waren die 1965 und 1966 eingesetzten 10 Gemini-Raumschiffe mit zwei Mann Besatzung. Hauptzielstellung bei den Gemini-Flügen war die Rendezvous- und Kopplungstechnik beherrschen zu

lernen. Letztere ist ja bekanntlich eine wesentliche Voraussetzung für die Apollo-Unternehmen. Eine stabile Kopplung mit einem Agena-Zielsatelliten gelang allerdings erst bei den letzten drei Gemini-Unternehmen. (Bei den ersten beiden waren sie nicht vorgesehen.) Die Gemini-Raumschiffe mußten für diese Zielstellung natürlich in der Lage sein, aktiv Bahnänderungen auszuführen. Auch mit der gekoppelten Agena-Stufe, die ja bekanntlich ein wiederzündbares Triebwerk besaß, sind Bahnmanöver bei den letzten drei Gemini-Flügen durchgeführt worden. Neben mehreren unbemannten Experimenten erfolgte der erste bemannte Apollo-Flug (Apollo 7) 1968. Zum Start war hier die Saturn 1B verwendet worden. Ohne Mondlandefähigkeit blieb dieses Raumschiff in der Erdumlaufbahn. Nicht im eigentlichen Programm vorgesehen war dann das Unternehmen Apollo 8. Nachdem die sowjetische Sonde 5 unbemannt den Mond umflogen hatte und wieder auf der Erde landete, traten in den USA Befürchtungen auf, die Sowjetunion werde in absehbarer Zeit dieses Unternehmen bemannt wiederholen. Dem wollte man aus Prestigegründen zuvorkommen. Deshalb 1968 noch das Unternehmen Apollo 8. Der Flug erfolgte ohne Landefähigkeit. Das Raumschiff, bestehend aus dem Kommandomodul und Versorgungsteil, gelangte in eine Mondumlaufbahn und startete aus dieser wieder zurück zur Erde. Damit wollten sich also die USA auch die erste bemannte Mondumfliegung sichern.

Das nächste Apollo-Unternehmen fand in der Erdsatellitenbahn statt, wobei die Abtrennungs- und Wiederkopplungsmanöver mit der Mondfähre experimentell durchgezert wurden. Das ebenfalls 1969 folgende Unternehmen Apollo 10 war schon fast vollständig. Es führte zum Mond und in der Erdsatellitenbahn erfolgten alle Manöver für die Mondlandung, bis auf die Landung selbst. Mit Apollo 11 landeten die eingangs erwähnten beiden Astronauten im Mare Tranquillitatis.

Noch im gleichen Jahr landete mit Apollo 12 die zweite Mannschaft im Oceanus Procellarum. 1970 hätte es beinahe bei Apollo 13 einen Fehlschlag gegeben, da während des Fluges zum Mond eine Explosion der Sauerstofftanks des Versorgungsteils erfolgte. Nach der Umfliegung des Mondes mußte deshalb die Mannschaft wieder zur Erde zurückkehren. 1971 folgten dann zwei Mondlandungen, Apollo 14 und 15, erstgenannte im Fra Mauro-Vorgebirge, die zweite auf einer kleinen ebenen Fläche zwischen der Hadley-Rille und dem Mount Hadley-Bergmassiv. Bei diesem Unternehmen wurde erstmals ein Mondfahrzeug für die Fortbewegung der Astronauten mitgeführt. Anfang 1972 landete dann Apollo 16 zum ersten Mal in einer Gebirgslandschaft nahe dem Krater Descartes. Mit dem für Dezember 1972 vorgesehenen Unternehmen Apollo 17 soll diese Serie abgeschlossen werden. Landeziel ist der Rand des Mare Serenitatis nahe dem Krater Litterow.

Im Jahre 1973 soll dann eine umgebaute S-IVB-Stufe als das Raumlaboratorium Skylab gestartet werden. Erst vor wenigen Jahren wurde dieses Projekt beschlossen, nachdem die letzten drei Apollo-Flüge (Nr. 18 bis 20) wegen finanzieller Schwierigkeiten gestrichen wurden. Zum anderen hatte sich auch bei den amerikanischen Wissenschaftlern die Meinung durchgesetzt, daß bemannte Raumstationen wohl doch nützlicher seien als kostspielige Mondflugunternehmen. Bei der Skylab-Station ist ein dreifacher Besatzungswechsel im Laufe des Jahres 1973 vorgesehen. Danach dürfte bis Anfang der achtziger Jahre kein weiterer Mondflug erfolgen. Auch den Aufbau einer größeren Raumstation will man bis zu dem Zeitpunkt aufschieben, an dem sogenannte Raumtransporter (die wiederverwendbar sind) zur Verfügung stehen. Bezüglich des bemannten Fluges folgt also jetzt eine Lücke von knapp 10 Jahren, wenn wir von der für 1975 geplanten Kopplung eines Apollo- und Sojus-Raumschiffes absehen.

Betrachten wir zum Abschluß noch kurz die unbemannten Mondflugunternehmen sowie die Planetenflugunternehmen der Sowjetunion und der USA. Die zweite Generation der sowjetischen Mondflugkörper begann mit Luna 4 1963. Hier wurde erstmals die Technik des Starts aus der Erdsatellitenbahn für einen Mondflugkörper angewandt. 1965 konnte die Sonde 3 bis dahin fotografisch noch nicht erfaßten Teil der Mondrückseite aufnehmen. Vier Vorbereitungsfüge von Luna-Sonden dienten im gleichen Jahr der Erprobung der Technik zur weichen Landung unbemannter Mondsonden. 1966 landeten Luna 9 und Luna 13 weich auf der Mondoberfläche, erste Bilder direkt vom Mondboden konnten übermittelt werden. 1968 folgte mit Luna 14 der vierte Mondsatellit, nachdem bereits 1966 drei sowjetische Sonden, Luna 10, 11 und 12, eine Umlaufbahn um unseren natürlichen Trabanten erreicht hatten. Nach einem ersten Experimentalflug mit Sonde 4 umflogen Sonde 5 und 6 1968 den Mond und landeten wieder auf der Erde. Der erste Versuch für weiche Landungen mit Bodenprobennahmern und Rückkehr fand 1969 mit Luna 15 statt. 1970 brachte dann Luna 16 auf automatischem Wege erstmalig Mondmaterial zur Erde. Im gleichen Jahr transportierte Luna 17 das erste automatisch arbeitende Untersuchungs-fahrzeug Lunochod 1 auf unseren Erdtrabanten, welches rund 10 Monate dort tätig war. Mondumfliegen mit anschließender Landung auf der Erde erfolgten außerdem 1969 und 1970 mit Sonde 7 bzw. 8. Im Vorjahr (1971) schließlich führte Luna 19 über viele Monate aus der Satellitenbahn Untersuchungen des Mondes durch und übermittelte Fotos. Luna 20 brachte 1972 Materialproben aus dem Gebiet der Apollonius-Berge zur Erde.

Auch die unbemannten amerikanischen Mondsonden waren im wesentlichen dem Apollo-Programm untergeordnet. In der Ranger-Serie lieferte erst Ranger 7 sowie 8 und 9 Fernsehbilder vom Aufzug auf den Mond. Von den insgesamt fünf Surveyor-Flugkörpern zur weichen Mondlandung waren drei erfolgreich, während alle drei Lunar-Orbiter aus der Erdsatellitenbahn Fotos übermittelten, wobei auch vornehmlich die vorgesehenen Landeplätze aufgenommen worden sind.

An Planetenflugkörpern konzentrierte sich die Sowjetunion anfangs vor allem auf die Venus. Die Sonde Venus 4 (1967) sowie die Sonden Venus 5 und 6 lieferten Meßwerte aus der Atmosphäre dieses Planeten beim Absinken. 1970 übermittelte Venus 7 erstmalig Meßwerte direkt von der Venus-Oberfläche. Bei Mars waren zwei sowjetische Sonden erfolgreich (Mars 2 und 3). Die Zielstellung war hier komplex, neben einem Landeteil gelangte jeweils eine Sektion in eine Marsumlaufbahn. Während die Landesektion von Mars 2 nicht weich aufsetzte, konnte diese von Mars 3 die Oberfläche voll funktionsfähig erreichen. Nach wenigen Minuten allerdings stellte sie ihre Sendetätigkeit ein, was möglicherweise auf ein Versinken in dem sehr feinen und losen Material der Marsoberfläche zurückzuführen ist.

Die USA entsandten bisher die Sonden Mariner 2 und Mariner 5 zur Venus. Beide passierten den Nachbarplaneten und übermittelten Informationen. Mariner 4 gab 1964 die ersten Fernsichtbilder von der Beschaffenheit der Marsoberfläche, die 1969 durch Mariner 6 und 7 bei ihrer Marspassage ergänzt wurden. Der 1971 gestartete Mariner 9 gelangte ebenfalls in eine Marsumlaufbahn und gewann zahlreiche Fotos der Marsoberfläche, sowie als Besonderheit Bilder der beiden Marsmonde Phobos und Deimos. 1972 starteten die USA mit Pioneer 10 eine Sonde, die im Dezember 1973 den Planeten Jupiter in einem Abstand von 140 000 km passieren soll, um danach, durch den Jupiter beschleunigt, das Planetensystem schließlich zu verlassen. Sollte die Sonde bis zu jenem Zeitpunkt unbeschädigt und einsatzfähig bleiben, hofft man, erste Informationen über die physikalischen Verhältnisse in Jupiternähe sowie von dem Planeten selbst zu erhalten. Pioneer 6 bis Pioneer 9 waren Sonden zur Untersuchung des interplanetaren Raumes, die zum Teil bis Mitte 1972 noch funktionsfähig waren.

Der Kreisprozeß des Flüssigkeitsraketenantriebs

Dipl.-Ing. M. SACHSE

Die thermodynamischen Zustandsänderungen, denen Treibstoffkomponenten und Verbrennungsprodukte in einem Flüssigkeitsraketenantriebswerk unterworfen sind, durchlaufen einen Kreisprozeß. Der theoretische Vergleichsprozeß und die wichtigsten Zusammenhänge zwischen der Kreisprozeßarbeit, dem thermischen Wirkungsgrad und dem Ausdehnungsgrad werden erläutert und die Besonderheiten des realen Kreisprozesses aufgezeigt.

Bezeichnungen:

c	Strömungsgeschwindigkeit	T	absolute Temperatur	η_{th}	thermischer Wirkungsgrad
c _p	spezifische Wärme	v	spezifisches Volumen	κ	Adiabatexponent
F	Fläche	η_i	innerer Wirkungsgrad	π_A	Ausdehnungsgrad
i	Enthalpie				
l _D	Arbeit für Druckerhöhung	}	des theoretischen Vergleichs- prozesses	}	bezogen auf die Masseinheit
l _E	Expansionsarbeit				
l _K	Nutzarbeit				
p	Druck				
q _{ab}	abgeführte Wärmemenge	}	bezogen auf die Masseinheit		
q _{zu}	zugeführte Wärmemenge				

Indizes:

B	Brennkammer	H	Düsenhals	M	Düsenmündung
r	für den realen Kreisprozeß geltend				
U	Umgebung				
v	für den theoretischen Vergleichsprozeß geltend				
1, 2, 3, 4	Eckpunkte des theoretischen Vergleichsprozesses				

1. Allgemeines

In der technischen Thermodynamik versteht man unter Kreisprozessen geschlossene Folgen von Zustandsänderungen, nach deren Ablauf sich das jeweilige thermodynamische System wieder in seinem Ausgangszustand befindet. Kreisprozesse lassen sich grafisch darstellen, und die thermischen Zustandsgrößen p , T und v können für jeden beliebigen Punkt des Prozeßverlaufs errechnet werden. Voraussetzung dafür ist, daß sich das System stets im thermodynamischen Gleichgewicht befindet. Die Untersuchung des Kreisprozesses einer Wärmekraft- oder -arbeitsmaschine hat zum Ziel, deren Effektivität und optimale Betriebsbedingungen zu ermitteln. Der Einfachheit halber bedient man sich dabei zunächst eines theoretischen Vergleichsprozesses, für den angenommen wird, daß alle Zustandsänderungen des Arbeitsmediums einschließlich der Wärmeaufnahme und -abgabe reversibel verlaufen. Erst nach dessen Durchrechnung werden die entsprechenden Korrekturen, die der reale Prozeß erfordert, vorgenommen.

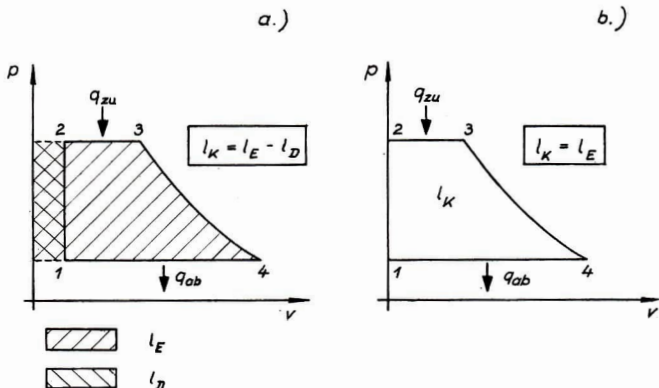
Der im Flüssigkeitsraketenantriebswerk ablaufende Kreisprozeß bewirkt die Umwandlung der in der Brennkammer auf chemischem Wege freigesetzten Wärme in die kinetische Energie des Gasstrahls. Dabei ist der Treibstoff sowohl Energieträger als auch — in Form der Verbrennungsprodukte — Arbeitsmedium. Man spricht in diesem Falle von einer Wärmekraftmaschine mit innerer Verbrennung. Daß die Raketenbrennkammer kontinuierlich mit frischem Treibstoff versorgt wird und die Verbrennungsprodukte dem Triebwerk nach Verlassen der Schubdüse nicht wieder zugeführt werden, ist für die thermodynamische Untersuchung des Kreisprozesses nicht von Bedeutung. Die ständige Erneuerung des Arbeitsmittels kann hier als gleichbedeutend mit der Rückkehr des Mediums in den Ausgangszustand angenommen werden.

2. Theoretischer Vergleichsprozeß

In Abb. 1 ist der theoretische Vergleichsprozeß eines Flüssigkeitsraketenmotors im p , v -Diagramm dargestellt. Er schließt folgende Zustandsänderungen in sich ein [1]:

1—2: Erhöhung des Druckes der flüssigen Treibstoffkomponenten. Dieser Druckanstieg wird

Abb. 1: Theoretischer Vergleichsprozess des Flüssigkeitsraketenantriebs im p, v-Diagramm.



durch das Fördersystem bewirkt, bevor der Treibstoff in die Brennkammer gelangt. Er kann als isochore Zustandsänderung aufgefaßt werden, da die Flüssigkeit praktisch inkompressibel ist.

2—3: Wärmezufuhr durch Verbrennung bei konstantem Druck in der Brennkammer (Isobare).

3—4: Entspannung der Verbrennungsprodukte ohne Wärmeaustausch in der Schubdüse (Adiabate).

4—1: Wärmeabfuhr bei konstantem Druck außerhalb des Triebwerks; Rückführung des Arbeitsmediums in seinen Ausgangszustand (Isobare).

Bei der adiabaten Expansion der Verbrennungsprodukte wird die Arbeit l_E geleistet. Subtrahiert man von ihr die für die Erhöhung des Druckes der Treibstoffkomponenten benötigte Arbeit l_D , so erhält man die Nutzarbeit des Kreisprozesses l_K :

$$l_K = l_E - l_D \quad (1)$$

Im p, v-Diagramm stellt sich l_K als die von den vier Zustandsänderungen eingeschlossene Fläche dar. Setzt man in Gl. 1

$$l_E = i_3 - i_4 \text{ und } l_D = v_1 (p_2 - p_1) \text{ ein, so erhält man}$$

$$l_K = (i_3 - i_4) - v_1 (p_2 - p_1) \quad (2)$$

Da der Druckanstieg von p_1 auf p_2 ohne Wärmeaustausch erfolgt, gilt

$$v_1 (p_2 - p_1) = i_2 - i_1 \quad (3)$$

und somit

$$l_K = (i_3 - i_4) - (i_2 - i_1) \quad (4)$$

Die Nutzarbeit des Kreisprozesses wird für die Beschleunigung der Verbrennungsprodukte auf c_{Mv} aufgewendet:

$$l = \frac{c_{Mv}^2}{2} \quad (5)$$

Hierin entspricht c_{Mv} der Ausströmungsgeschwindigkeit, die erreicht würde, wenn sich der theoretische Vergleichsprozess im Triebwerk realisieren ließe.

Der thermische Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine ist als das Verhältnis der geleisteten Nutzarbeit zur zugeführten Wärme definiert:

$$\eta_{th} = \frac{l_K}{q_{zu}} \quad (6)$$

Er berücksichtigt den entsprechend dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik im Vergleichsprozess anfallenden Wärmeverlust. Durch Einsetzen der Gl. 2 in Gl. 6 und mit

$$q_{zu} = i_3 - i_2$$

erhält man für den thermischen Wirkungsgrad

$$\eta_{th} = \frac{(i_3 - i_4) - v_1 (p_2 - p_1)}{i_3 - i_2}$$

Da

$$i_3 - i_2 = (i_3 - i_1) - (i_2 - i_1)$$

und analog Gl. 3

$$(i_3 - i_1) - (i_2 - i_1) = (i_3 - i_1) - v_1 (p_2 - p_1)$$

ist, gilt auch

$$\eta_{th} = \frac{(i_3 - i_4) - v_1 (p_2 - p_1)}{(i_3 - i_1) - v_1 (p_2 - p_1)}$$

Angesichts des sehr geringen spezifischen Volumens v_1 der flüssigen Treibstoffkomponenten kann die Arbeit l_D ohne weiteres vernachlässigt und der thermische Wirkungsgrad schließlich durch die Beziehung

$$\eta_{th} = \frac{i_3 - i_4}{i_3 - i_1} \quad (7)$$

ausgedrückt werden. In der Darstellung des theoretischen Vergleichsprozesses im p, v -Diagramm fallen dann Isochore und Ordinate zusammen (Abb. 1b).

Wie bereits ausgeführt, ist die Kreisprozeßarbeit gleich der kinetischen Energie des Gasstrahls. Einen weiteren Ausdruck für η_{th} erhält man daher durch Einsetzen der Gl. 5 in Gl. 6:

$$\eta_{th} = \frac{c_{Mv}^2}{2 q_{zu}} \quad (8)$$

Um den Einfluß des Ausdehnungsgrades

$$\pi_A = \frac{p_3}{p_4}$$

auf den thermischen Wirkungsgrad kennenzulernen, geht man wiederum von Gl. 6 aus. Da die Differenz zwischen zu- und abgeführter Wärme der Nutzarbeit des Kreisprozesses entspricht, kann geschrieben werden

$$\eta_{th} = \frac{q_{zu} - q_{ab}}{q_{zu}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_{ab}}{q_{zu}}$$

Wärmez- und -abfuhr erfolgen isobar. Es gilt daher

$$q_{zu} = c_p (T_3 - T_2)$$

und

$$q_{ab} = c_p (T_4 - T_1)$$

Somit ist

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad (9)$$

Aus der Adiabatengleichung ergibt sich unter Berücksichtigung der Identität der Drücke ($p_3 = p_2$; $p_4 = p_1$) für die Temperaturen

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} ; \quad T_2 = T_1 \pi_A^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} ; \quad T_3 = T_4 \pi_A^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Durch Einsetzen dieser Ausdrücke in Gl. 9 erhält man die Beziehung

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\pi_A^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \quad (10)$$

Aus ihr ist ersichtlich, daß der thermische Wirkungsgrad lediglich vom Ausdehnungsgrad π_A und vom Adiabatenexponenten κ abhängig ist. η_{th} erreicht den Wert 1, wenn π_A gegen ∞ strebt. Dieser Fall entspricht einer vollkommenen Expansion im Vakuum, wobei die Temperatur des Arbeitsmediums auf den absoluten Nullpunkt absinkt ($T_4 = 0$; $q_{ab} = 0$). Verwirklichen lassen sich derartige Bedingungen allerdings nicht, da dem 2. Hauptsatz entsprechend stets $q_{ab} > 0$ ist.

In Abb. 2 ist die Abhängigkeit des thermischen Wirkungsgrades vom Ausdehnungsgrad für verschiedene Adiabatenexponenten grafisch dargestellt.

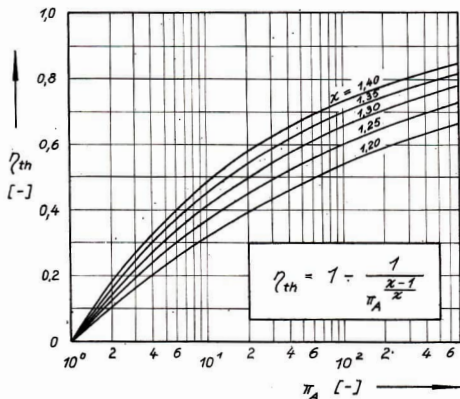


Abb. 2:
Abhängigkeit des thermischen Wirkungsgrades vom Ausdehnungsgrad.

3. Realer Kreisprozeß

Im Gegensatz zu den theoretischen Vergleichsprozessen sind reale Kreisprozesse stets irreversibel, d. h. nichtumkehrbar. Da jeder nichtumkehrbare thermodynamische Vorgang mit Verlusten behaftet ist, bedeutet dies für die realen Prozesse der Wärmekraftmaschinen, daß die geleistete Nutzarbeit in jedem Falle geringer ist als die des entsprechenden Vergleichsprozesses.

Auch der reale Flüssigkeitsraketenprozeß unterscheidet sich wesentlich von seinem Vergleichsprozeß.

Ursachen dafür sind

1. die chemische Dissoziation der Verbrennungsprodukte,
2. die Wärmeübertragung von den Feuergasen an die Brennkammer- und Düsenwandungen,
3. die unvollständige Verbrennung,
4. die Reibungsvorgänge in der Gasströmung und an den Düsenwandungen,
5. die radiale Komponente der Gasströmung in der Düsenmündung.

Alle diese Erscheinungen sind oder verursachen Energieverluste, um deren Größe sich die für die Schubzeugung verfügbare Energie verringert.

Abb. 3 zeigt ein vereinfachtes Schema des Energieflusses in Raketentriebwerken. Bei den darin enthaltenen Prozentzahlen handelt es sich lediglich um grobe Richtwerte, da die Anteile der Einzelverluste am Gesamtverlust von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind und infolgedessen die in der Literatur angegebenen Zahlenwerte in weiten Bereichen streuen.

Abb. 3:
Vereinfachtes Schema des Energieflusses in
Raketentriebwerken [2, 3]

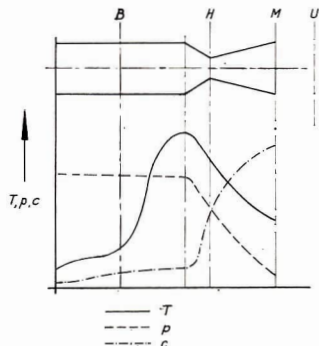
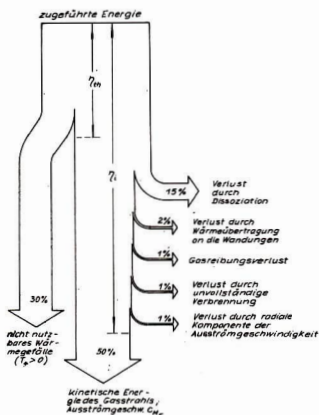


Abb. 4:
Verlauf der Gasparameter in einem Flüssigkeits-
raketentriebwerk [4]

Literatur:

- [1] Wukalowitsch, M. P., u. I. I. Nowikow: Technische Thermodynamik, VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1962.
- [2] Paetzold, H.-K., Schütte, K., u. O. Scholze: Die Erforschung des Weltraums mit Satelliten und Raumsonden, Teil I. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1966.
- [3] Sinjarew, G. B., u. M. W. Dobrowolski: Flüssigkeitsraketentriebwerke, Oborongis, Moskau 1955 (russ.).
- [4] Theorie der Flugzeugtriebwerke, Band 2, Deutscher Militärverlag, Berlin 1962.

Der vom theoretischen Vergleichsprozeß abweichende Energiefluß im realen Triebwerk wirkt sich, wie leicht einzusehen ist, auch auf den Verlauf der Zustandsänderungen aus. So sind beispielsweise die Bedingungen für eine adiabate Expansion in der Schubdüse nicht erfüllt, da die Verbrennungsprodukte Wärme an die Düsenwandung abgeben. An die Stelle der Adiabate ist daher eine Polytrope getreten. Ebenfalls polytrop verläuft die im Vergleichsprozeß als isobar angenommene Wärmezufuhr in der Brennkammer. Hier steigt die Temperatur zum düsenseitigen Brennkammerende hin steil an, während der Druck leicht abfällt (Abb. 4). In der Schubdüse sinken Druck und Temperatur; die thermische Energie wird in mechanische Energie umgewandelt und der Gasstrom auf die Ausströmgeschwindigkeit c_{M_r} beschleunigt. Auf Grund der obengenannten Verluste ist c_{M_r} stets kleiner als c_{M_v} . Die in den Feuergasen enthaltene Restwärme wird außerhalb des Triebwerks an die Umgebung abgeführt ($T_M > T_u$). Der Düsenmündungsdruck p_M ist, sofern der Brennkammerdruck p_B und α vorgegeben sind und keine Strahlablösung auftritt, ausschließlich vom Querschnittsverhältnis F_M/F_H abhängig.

Bildet man den Quotienten aus der für die Schub-erzeugung verbleibenden Energie und der zugeführten Wärme, so erhält man den inneren Wirkungsgrad:

$$\eta_i = \frac{c_{M_r}^2}{2q_{zu}} \quad (11)$$

Während in η_m lediglich die Verlustwärme des theoretischen Vergleichsprozesses eingeht, erfaßt der innere Wirkungsgrad die gesamte Energieausnutzung im realen Triebwerk. Er ist daher eine aussagekräftige Größe für die Bewertung der Vollkommenheit des jeweiligen Raketentriebwerks.

4. Zusammenfassung

Der theoretische Vergleichsprozeß des Flüssigkeitsraketenantriebs besteht aus einer isochoren Druckerhöhung, jeweils einer isobaren Wärmezufuhr und -abfuhr und einer adiabaten Expansion. In dem für ihn definierten thermischen Wirkungsgrad ist lediglich derjenige Energieverlust enthalten, der sich aus dem 2. Hauptsatz für reversible Prozesse ableitet. Im realen Triebwerk treten Irreversibilitäten und damit zusätzliche Verluste auf. Sie werden durch den inneren Wirkungsgrad berücksichtigt.

Planetensichtbarkeit (I)												
1973 Monat	Planet geht vor der Sonne auf				Planet ist die ganze Nacht sichtbar		Planet geht nach der Sonne unter				unsichtbar in Dämmerung	
	2	3	4	Stunden	4	3	2	1	0	1		
Jan.	♀	♂			♂							
Feb.	♀	♂			♂					♀		
März	♀	♂	♂		♂						♀	
April	♀	♂	♂								♀	
Mai	♀	♂	♂								♀	
Juni		♂	♂							♀		
Juli	♂				♂					♀		
Aug.	♀		♂		♂					♀		
Sept.					♂					♀		
Okt.					♂					♀		
Nov.	♀				♂					♀		
Dez.	♀				♂					♀		

Planetensichtbarkeit (II)									
Tabelle gibt Örter der Planeten in den Sternbildern des Tierkreises an.									
Monat	Sonne ☉	Merkur ☿	Venus ♀	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄	Uranus ♅	Neptun ♆	Pluto ♇
Jan.	♏ / ♐	♏ / ♏	♏ / ♏	♏ / ♏	♏	♏	♏	♏	♏
Feb.	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐
März	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐
April	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐	♐
Mai	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐
Juni	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐
Juli	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐ / ♐	♐	♐	♐
Aug.	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐
Sept.	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐	♐
Okt.	♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐
Nov.	♐ / ♐	♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐	♐
Dez.	♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐ / ♐	♐	♐	♐	♐	♐