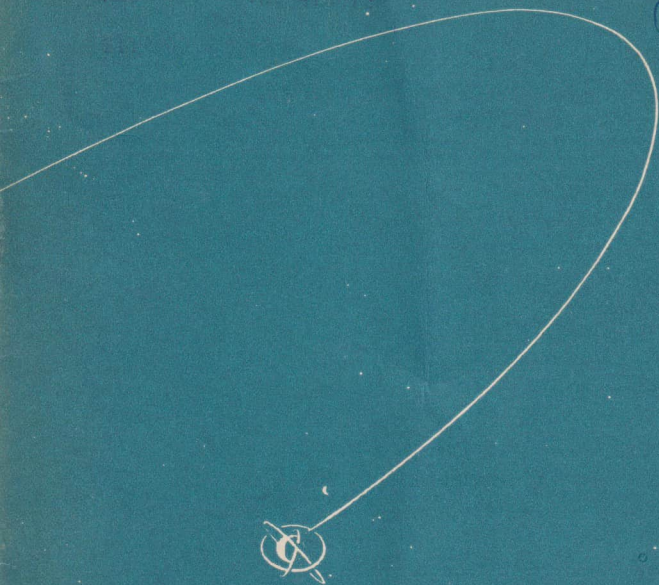




Dr. 1
29.2.72

Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Die Zustandsgrößen der Fixsterne · Dr. <i>Siegfried Marx</i>	1
Referierte Ergebnisse der Cospartagung in London, Juli 1967 · (Energetische Sonnenstrahlungen — Der Ursprung des Sonnenwindes und seine astrophysikalischen Aspekte — Direkte Messungen von interplanetaren magnetischen Feldern und Plasmen — Kometen, interplanetarer Raum und die Probleme des Sonnensystems)	9
Pulsare · Dr. <i>Siegfried Marx</i>	14
Bildteil · Sowjetische Raumflugkörper, im Detail vorgestellt	15–18

Aus der Literatur

Drei weitere Pulsare	20
Neues über Barnards Pfeilstern	20
Annäherung des kleinen Planeten Geographos an die Erde	20
Eine Testmöglichkeit für die Relativitätstheorie	21
Quasistellares Objekt mit „jet“ oder Stern mit Galaxie?	3. Umschlagseite

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Fünfstufiges Bestehen der Fachgruppe Potsdam	21
--	----

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 4. Vierteljahr 1968 · <i>Erich Schütz</i>	22
Zur Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin	22

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Westeuropas Nachrichtensatelliten-Pläne · Hintergründe, Organisation, Projekte <i>H. D. Naumann</i>	23
Eurospace tagte · astronauticus	28
Das sowjetische Nachrichtensatelliten-System „Molnija“ und das amerikanische INTELSAT-Nachrichtensatelliten-System · Prof. Dr. <i>Gerhard Reintanz</i>	31

Neue Bücher

Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen	3. Umschlagseite
---	------------------

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft, Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur); Prof. Dr. Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; MR Dr. Karl Sigmund; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1969 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Die Zustandsgrößen der Fixsterne

Dr. SIEGFRIED MARX

Eine entscheidende Aufgabe der astronomischen Forschung ist es, einen Beitrag zur Beantwortung der Frage nach der Entwicklung der Welt zu leisten. Dazu ist es notwendig, die Entwicklung einzelner Massenansammlungen zu erkennen. Uns sind Ansammlungen von vielen tausend Galaxien bekannt, sogenannte Galaxienhaufen. Jede einzelne Galaxie besteht aus Milliarden Sternen und dem interstellaren Medium.

In unserem Milchstraßensystem sind mehr als 90 % der vorhandenen Masse in den Sternen vereinigt, der Rest ist interstellares Medium. Will man die Entwicklung eines Sternsystems erkennen, so muß man Aussagen über die Entwicklung der einzelnen Bauelemente, so der Sterne, haben. Die Beobachtung des Sternenhimmels zeigt aber keine Veränderungen der einzelnen Sterne; diese scheinen für Jahrtausende unverändert am Himmel zu stehen.

Aus der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne wissen wir jedoch, wie sie ihre Energie, die ausgestrahlt wird, produzieren; z. B. durch die Verbrennung von Wasserstoff zu Helium oder durch die Verbrennung von Helium zu Kohlenstoff. Deutliche Veränderungen durch derartige Prozesse treten aber erst in 10^6 bis 10^8 Jahren hervor und können somit von uns nicht beobachtet werden.

Nicht alle Sterne, die wir sehen, sind zum gleichen Zeitpunkt entstanden, d. h. man hat mit den Sternen ein räumliches Nebeneinander verschiedener Entwicklungsstufen vor sich. Die Aufgabe ist nun, aus dem räumlichen Nebeneinander ein zeitliches Nacheinander zu erkennen. Dazu muß man als erstes die verschiedenen Entwicklungsstufen, d. h. die physikalischen Zustandsgrößen der Sterne, beschreiben können.

Eine wesentliche Schwierigkeit der Astronomie ist, daß sie mit ihren Objekten nicht experimentieren kann. Zur Bestimmung der verschiedenen Zustandsgrößen steht uns lediglich die von den Sternen zu uns kommende Strahlung zur Verfügung. Auf der Erdoberfläche können wir nicht einmal alle Sternstrahlung beobachten, da die Erdatmosphäre nur schmale Wellenlängenbereiche der Strahlung hindurchläßt.

Die erste deutliche Verschiedenheit, die sich dem Beobachter bietet, ist die unterschiedliche Helligkeit der Sterne. Diese beobachtete Helligkeit ist aber eine scheinbare Helligkeit, denn sie würde sich sofort ändern, wenn wir den Stern in eine andere Entfernung bringen könnten. Damit ist die scheinbare Helligkeit nicht nur vom physikalischen Zustand des Sternes, sondern auch von seiner Entfernung abhängig.

Die Helligkeiten der Sterne wären dann miteinander vergleichbar, wenn alle Sterne in der gleichen Entfernung von uns ständen. Dieses Versetzen aller Sterne in eine Einheitsentfernung kann man auf rechnerischem Wege natürlich machen. Die Helligkeit, die alle Sterne in einer Einheitsentfernung von 10 pc hätten, nennt man absolute Helligkeit. Man kann sie aus der scheinbaren Helligkeit und der Entfernung des Sternes wie folgt berechnen.

Ein Stern steht tatsächlich in der Entfernung r , und wir beobachten von ihm die Intensität der Strahlung I_r . In die Entfernung von 10 pc versetzt, würden wir von ihm die Intensität I_0 beobachten. Nun ist bekannt, daß die beobachtete Strahlungsintensität mit $1/r^2$ abnimmt. Man kann also schreiben:

$$\frac{I_0}{I_r} = \frac{r^2}{10^2}$$

Tabelle 1: Darstellung der Zusammenhänge von Spektralklassen, absoluten Helligkeiten, effektiven Temperaturen und bolometrischen Korrekturen für die Leuchtkraftklassen I, III und V.

Leuchtkraft- klasse	Spektral- klasse	Visuelle Helligkeit in Größenklassen	Effektive Temperatur absolute Grade	Bolometrische Korrektur in Größenklassen
V	O ₃	-5.8		4.6
	B ₀	-4.2	37 800	3.0
	A ₀	+1.0	9 700	0.68
	F ₀	+3.0	7 650	0.10
	F ₅	+3.5	6 650	0.00
	G ₀	+4.4	5 960	0.03
	G ₅	+5.9	4 900	0.20
	K ₀	+9.2	3 850	1.2
	M ₅	+12.3	3 500	2.1
III	G ₃	+1.2	5 400	0.1
	K ₅	+1.3	4 100	0.6
	M ₀	+0.2	2 900	1.7
	M ₅	0.0		3.0
I	B ₃	-6.2		3.0
	A ₃	-6.6		0.7
	F ₃	-6.6	6 400	0.2
	G ₃	-6.3	5 400	0.3
	K ₃	-6.1	4 000	1.0
	M ₀	-5.8	2 800	2.5

Der Zusammenhang der Intensitäten mit den bekannten Sterngrößenklassen ist durch das Weber-Fechnersche Gesetz gegeben:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \cdot \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

Wenn man nun annimmt, daß m_1 die scheinbare Helligkeit (m) des Sternes in der Entfernung r ist und m_2 die absolute Helligkeit (M), also die Helligkeit in der Entfernung 10 pc, dann erhält man:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

Nach dieser Beziehung kann man bei Kenntnis der scheinbaren Helligkeit und der Sternentfernung die absolute Helligkeit berechnen.

Eine Grundlage für diese Rechnungen ist die Beobachtung der scheinbaren Helligkeit. Nun wurde bereits erwähnt, daß die Erdatmosphäre nicht für die Strahlung aller Wellenlängen durchlässig ist. Hinzu kommt, daß die Strahlungsempfänger

Tabelle 2: Darstellung der Zusammenhänge von Spektralklassen, Massen, Radien der Sterne für die Leuchtkraftklassen I, III und V. Die Massen und Radien sind dabei in Einheiten der Sonnenwerte wiedergegeben.

Spektral- klasse	V	Massen III	I	V	Radien III	I
O ₃	50			18		
B ₀	17,5		50	7,5	16	20
A ₀	3.2		16	2,6	6	40
F ₀	1.78		12	1,35	5	60
G ₀	1.10	2.50	10	1.05	6	100
K ₀	0.80	3.5	13	0.85	16	200
M ₀	0.49	5.0	17	0.63	40	500
M ₅	0.20	6.0		0.32		800

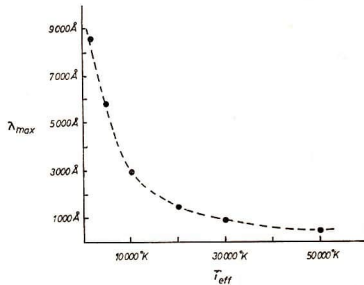


Abb. 1: Wellenlänge des Maximums der kontinuierlichen Strahlung in Abhängigkeit von der effektiven Temperatur der Sterne. Die Wellenlänge (λ_{max}) ist in Angström gegeben, die Temperatur (T_{eff}) in absoluten Graden.

auch nicht für alle Wellenlängen gleiche Empfindlichkeit besitzen. Man kann also niemals die „gesamte scheinbare Helligkeit“ eines Sternes beobachten und aus den beobachteten Daten niemals die gesamte absolute Helligkeit, die auch bolometrische absolute Helligkeit genannt wird, berechnen.

Man kann die Helligkeit der Sterne im blauen oder roten Spektralbereich beobachten, und man kennt auch eine visuelle scheinbare Helligkeit. Aus der visuellen scheinbaren Helligkeit und einer bolometrischen Korrektur wird die bolometrische scheinbare Helligkeit berechnet:

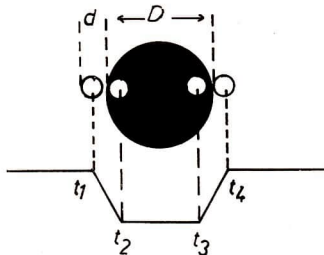
$$b_{\text{bol}} = m_{\text{vis}} - C_{\text{bol}}$$

Die bolometrische Korrektur kann man nur aus theoretischen Überlegungen erhalten. Diese Korrektur ist von der Energieverteilung in der Sternstrahlung abhängig und somit eine Funktion der effektiven Temperatur der Sterne.

Die bolometrische Helligkeit ist immer die größte Helligkeit, denn sie umfaßt das gesamte Spektrum, während alle anderen nur auf einen schmalen Spektralbereich bezogen sind. Für unsere Sonne gelten z. B. folgende Werte:

Spektralbereich	scheinbare Helligkeit	absolute Helligkeit
visuell	-26,886	+4,71
fotografisch	-26 41	+5 16
bolometrisch	-26 95	+4 62

Abb. 2: Stellungen der Bedeckungsveränderlichen zu vier verschiedenen Zeitpunkten:
 t_1 : Letzter Moment des Maximalleuchtens
 t_2 : Beginn des Minimalleuchtens
 t_3 : Ende des Minimalleuchtens
 t_4 : Erster Moment des erneuten Maximalleuchtens.



Die bolometrische absolute Helligkeit ist ein echtes Maß für die gesamte vom Stern ausgestrahlte Energie, die man auch in $\text{erg} \cdot \text{sec}^{-1}$ angeben kann. Dann spricht man von der Leuchtkraft des Sternes. Zwischen der Leuchtkraft (L) und der bolometrischen absoluten Helligkeit muß ein eindeutiger Zusammenhang bestehen:

$$L = 2,72 \cdot 10^{(35-0,4 \text{ Mbol})}$$

Danach kann man aus M_{bol} die Strahlungsleistung in $\text{erg} \cdot \text{sec}^{-1}$ berechnen. Sie beträgt für unsere Sonne $3,86 \cdot 10^{33} \text{ erg} \cdot \text{sec}^{-1}$. Die Leuchtkräfte der Sterne streuen über einen breiten Bereich. Der bis heute von der Beobachtung erfaßte leuchtschwächste Stern ist das Objekt Wolf 1055. Er hat nur das $6,6 \cdot 10^{-6}$ -fache der Sonnenleuchtkraft. Möglicherweise existieren noch leuchttärmere Sterne, diese entziehen sich aber noch der Beobachtung. Die Sterne mit der höchsten Leuchtkraft können das 10^5 -fache der Leuchtkraft unserer Sonne haben.

Die Leuchtkraft kann man u. a. aus dem Spektrum der Sterne bestimmen. Die Sternspektren zeigen eine sehr große Vielfalt in ihren Erscheinungsformen, sie sind nicht durch Maßzahlen zu charakterisieren. Die Spektren kann man im wesentlichen nur beschreiben.

Im Prinzip besteht ein Sternspektrum aus einem Kontinuum, dem sowohl Emissions- als auch Absorptionslinien überlagert sind. Der Verlauf des kontinuierlichen Spektrums wird durch die Größe der effektiven Temperatur des Sternes bestimmt. Die Lage des Maximums der Strahlung ist der effektiven Temperatur umgekehrt proportional.

Die Stärke der Linien im Spektrum ist von der Zahl der Atome des die Linie erzeugenden Elements abhängig. An der Linienbildung sind aber nicht alle Atome des betreffenden Elementes beteiligt, sondern nur die in einem ganz bestimmten Anregungszustand befindlichen. Nimmt man an, daß zwei Sterne die gleiche chemische Zusammensetzung besitzen, so kann die Linienstärke sich in ihren Spektren auf Grund der verschiedenen Anregungsbedingungen unterscheiden. Diese Anregungsbedingungen werden einmal durch die effektive Temperatur bestimmt. Damit ändern sich die Anregungsbedingungen in den verschiedenen Spektralklassen. Die zweite, die Anregungsbedingungen bestimmende Größe, ist die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche der Sterne. Damit können bei einer Spektralklasse verschiedene Anregungsbedingungen herrschen. Das kommt in den Leuchtkraftklassen zum Ausdruck.

So gibt es z. B. bei dem Spektraltyp G_0 Hauptreihensterne, das sind Objekte der Leuchtkraftklasse V, und es gibt auch Riesensterne, das sind Objekte der Leuchtkraftklasse III.

Die Spektralklassen der Sterne werden mit Buchstaben in der Reihenfolge

R-N	(Nebenfolge)
W-O-B-A-F-G-K-M	(Hauptfolge)
S	(Nebenfolge)

bezeichnet. Dabei sind die W- und O-Sterne die heißesten, die M-Sterne die kühleren Objekte.

In den frühen Typen (W- bis A-Sterne) sind die Linien des neutralen und einfach ionisierten Heliums charakteristisch für das Linienspektrum. Bei den mittleren Typen überwiegen die Linien des neutralen Siliziums, bei den späten Typen (K- und M-Sternen) sind dann die H- und K-Linien des einfachen ionisierten Kalziums vorherrschend. Es sind aber nur einige starke Linien erwähnt, denn gerade bei den späten Klassen hat man es mit sehr linienreichen Spektren zu tun. Die Bezeichnungen früh, mittel und spät haben keine kosmogonische Bedeutung.

Sowohl bei der bolometrischen Korrektur als auch bei den Spektralklassen wurde die effektive Temperatur erwähnt. Sie ist auch eine physikalische Zustandsgröße der Sterne. Als effektive Temperatur wird jene Temperatur bezeichnet, die ein schwarzer Strahler hat, der je Zeiteinheit und je Flächeneinheit die gleiche Energiemenge aussendet wie der Stern.

Die effektive Temperatur steht also in unmittelbarem Zusammenhang mit der Leuchtkraft des Sternes, der Gesamtmenge der ausgestrahlten Energie. Da aber auch die strahlende Fläche wichtig ist, geht in die Bestimmungsgleichung für die effektive Temperatur auch der Sternradius ein.

Der Zusammenhang zwischen den drei erwähnten Größen ist im Stefan-Boltzmannschen Gesetz gegeben:

$$T_{\text{eff}}^4 = \frac{L}{4\pi \cdot \sigma \cdot R^2}$$

σ ist die Stefan-Boltzmannsche Konstante ($\sigma = 5,71 \cdot 10^{-5} \text{ erg} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{grad}^{-4}$).

Die effektive Temperatur unserer Sonne liegt bei 5785 °K. Der Streubereich der effektiven Temperatur ist im Vergleich zur Streubreite der möglichen Leuchtkräfte sehr klein. Die niedrigsten vorkommenden Temperaturen liegen bei einem Viertel des Sonnenwertes, die höchsten Temperaturen bei dem 12fachen des Sonnenwertes.

Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz kann man auch zur Bestimmung des Sternradius, einer weiteren Zustandsgröße, heranziehen. Bei Kenntnis der Leuchtkraft und der effektiven Temperatur läßt sich der Radius ausrechnen. Mit derartigen indirekten Methoden muß man sich bei der Radiusbestimmung immer begnügen, denn eine direkte geometrische Messung ist wegen der großen Entfernung der Sterne nicht möglich. Die Messung des Sternwinkeldurchmessers bei Kenntnis der Sternentfernung führt nur bei der Sonne zum linearen Durchmesser von $1,392 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Eine Bestimmungsmethode, die mit relativ einfachen Mitteln und doch guter Genauigkeit zu Sterndurchmessern führt, sei hier etwas ausführlicher behandelt. Leider ist sie nur auf eine beschränkte Anzahl von Sternen überhaupt anwendbar, nämlich auf die Bedeckungsveränderlichen.

In Abbildung 2, S. 3, sind die Stellungen der beiden Sterne zu vier verschiedenen Zeiten dargestellt. Es ist auch die schematische Lichtkurve mit eingezeichnet. Zum Zeitpunkt t_1 sind beide Sterne noch nebeneinander zu sehen, und das Doppelsternpaar erstrahlt in seiner maximalen Helligkeit. Im Zeitintervall von t_1 bis t_2 verschwindet der Begleiter allmählich hinter dem Hauptstern. Zum Zeitpunkt t_2 beobachtet man nur noch die Strahlung des einen Sternes, also das Minimumleuchten des Doppelsternsystems. Dies bleibt solange erhalten, bis der Begleiter zum Zeitpunkt t_3 wieder zu erscheinen beginnt. Zum Zeitpunkt t_4 sind beide Sterne wieder ganz zu sehen, so daß man also die Maximumstrahlung beobachtet.

Die vier Zeitpunkte kann man sehr gut aus der Lichtkurve erfassen. Ebenfalls aus der Lichtkurve kann man die Periode, die Gesamtumlaufzeit U , bestimmen. Wenn l die Gesamtbahnlänge des Begleiters ist, dann gelten folgende Beziehungen:

$$\frac{t_3 - t_2}{U} = \frac{D - d}{l} \quad \frac{t_4 - t_1}{U} = \frac{D + d}{l}$$

Die Gesamtbahnlänge l muß aus der Umlaufzeit und aus der Bahngeschwindigkeit bestimmt werden. Die Bahngeschwindigkeit kann man dabei aus Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen erhalten. Dann enthalten die beiden obigen Gleichungen nur noch zwei Unbekannte, nämlich die Durchmesser der beiden Sterne D und d . So kann man D und d berechnen.

Die Durchmesser der Sterne überbrücken ein ziemlich breites Intervall. Sterne mit sehr kleinem bekannten Durchmesser sind die Objekte van Maanen 2 mit 0,68 Erddurchmesser und Wolf 219 mit nur 0,36 Erddurchmesser. Im Gegensatz dazu sind die Ausdehnungen von α Herkules 680 Sonnendurchmesser und von α Orionis 600 Sonnendurchmesser. In den Stern α Orionis könnte man also die gesamte Jupiterbahn unterbringen.

Aus Doppelsternbeobachtungen kann man neben der Zustandsgröße Radius auch noch eine weitere charakteristische Größe der Sterne erhalten. Die Massen der beiden Komponenten eines Sternpaares sind wichtig für die Umlaufsperioden. Die Bewegungen von Massen um einen gemeinsamen Schwerpunkt werden durch das 3. Keplersche Gesetz beschrieben:

$$(M_1 + M_2) = \frac{a^3}{P^2} = \frac{(a_1 + a_2)^3}{P^2}$$

Darin bedeuten M_1 und M_2 die Massen der beiden Komponenten, $a = a_1 + a_2$ ist die mittlere Entfernung der beiden Systemmitglieder voneinander, P die Umlaufszeit um den gemeinsamen Schwerpunkt. Aus dem oben beschriebenen Keplerschen Gesetz kann man zunächst nur die Massensumme bestimmen, denn es ist ja nur eine Gleichung für die beiden Unbekannten M_1 und M_2 . Um die Massen jedes Einzelobjektes zu erhalten, benötigt man eine zweite Gleichung. Diese bekommt man aus der Kenntnis der Bahn jeder Komponente um den gemeinsamen Schwerpunkt. Die zweite Beziehung lautet dann:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Für die Berechnung der Sternmassen nach dieser Methode ist die Größe a sehr wichtig. Sie geht mit der dritten Potenz in die Rechnungen ein und Fehler in a machen sich sehr stark bemerkbar. Im allgemeinen erhält man a durch die Messung des maximalen Winkelabstandes der beiden Doppelsternkomponenten und die Kenntnis der Entfernung des Sternpaares. Da man Sternentfernungen mit hoher Genauigkeit aber nur in der Sonnenumgebung bestimmen kann, wird diese Methode auch nur in diesem Raum nützliche Anwendung finden.

Es sei aber auch noch eine andere Methode für die Bestimmung der Massen von Einzelsternen erwähnt. Wenn die Lichtquanten den Stern verlassen, müssen sie gegen das Schwerfeld des Sternes Arbeit leisten. Das hat einen Energieverlust zur Folge, der sich in einer relativistischen Rotverschiebung bemerkbar macht. Die Größe der Verschiebung ist $\Delta\lambda/\lambda$. Sie ist der Sternennasse proportional und dem Sternradius umgekehrt proportional.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \propto \frac{M}{R}$$

Diese Methode wird danach am günstigsten bei sehr massereichen Sternen oder solchen mit sehr kleinen Radien Anwendung finden.

Ein Stern mit sehr kleiner Masse ist der Stern Roß 614 B. Seine Masse beträgt nur 0,08 Sonnenmassen (Sonnenmasse = $1,99 \cdot 10^{33}$ g). Nach der Theorie des inneren Aufbaus sind die stabilen massereichsten Gebilde solche mit etwa 60 Sonnenmassen.

Aus den bis hierher beschriebenen physikalischen Zustandsgrößen der Sterne lassen sich ohne Schwierigkeiten zwei weitere berechnen. Es handelt sich um die mittlere Dichte (ρ) und um die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche der Sterne. Für die Berechnung der mittleren Dichte benötigt man die Kenntnis des Sternradius und der Masse. Da beide Größen sehr schwer zu bestimmen sind, ist die exakte mittlere Dichte auch nur von wenigen Sternen bekannt.

$$\bar{\rho} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

Man weiß heute jedoch mit großer Sicherheit, daß es sowohl Sterne mit sehr hohen Dichten gibt, wie auch solche mit sehr geringen Dichtewerten. Die niedrigsten Dichtewerte treffen wir bei den Überriesen, den Sternen der Leuchtkraftklasse I, an. Hier gibt es Objekte mit dem 500fachen Durchmesser unserer Sonne, die aber nur das 10 bis 20fache der Sonnenmasse besitzen. Dabei kann ihre Dichte das 10^{-7} -fache unserer Sonne betragen. Andererseits gibt es sogenannte Weiße Zwerge, die kleiner als unsere Erde sind, aber eine Sonnenmasse in sich vereinen. Diese Sterne besitzen mittlere Dichten von $10^6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Die Sonne hat dagegen den gewöhnlichen mittleren Dichtewert von $1,41 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Die gleiche große Streubreite, die eben von der mittleren Dichte gezeigt wurde, gibt es auch bei der Oberflächenbeschleunigung der Sterne, denn auch sie ist von der Sternmasse und dem Sternradius abhängig.

$$\text{G-Oberfläche} = \frac{G \cdot M}{R^2}$$

Die Sonne hat eine Oberflächenbeschleunigung von $2,74 \cdot 10^6 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$. Die Überriesensterne haben Werte von einem Tausendstel des Sonnenwertes, die Weißen Zwerge von dem 1500fachen des Sonnenwertes.

Im letzten Teil wurden Zustandsgrößen vorgestellt, die nach physikalischen Zusammenhängen eng miteinander verknüpft sind. Aber auch zwischen einigen anderen Zustandsgrößen gibt es eindeutige Zusammenhänge.

Bereits im Jahre 1911 machte Halm auf den Zusammenhang zwischen der Masse und der Leuchtkraft der Sterne aufmerksam. Diese sogenannte Masse-Leuchtkraft-Beziehung wurde von dem bekannten Astronomen Hertzsprung dann 1917 empirisch gefunden und zwei Jahre später von Eddington aus der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne hergeleitet.

Rein qualitativ besagt die Masse-Leuchtkraft-Beziehung, daß die Leuchtkraft der Sterne mit ihrer Masse zunimmt. Heute weiß man mit Sicherheit, daß nicht für alle Sterne eine einheitliche Masse-Leuchtkraft-Beziehung gilt. Neben der Masse gibt es noch einen weiteren bestimmenden Parameter für die Leuchtkraft der Sterne. Dieser Parameter ist die chemische Zusammensetzung. Danach können zwei Sterne gleicher Masse auf Grund unterschiedlichen chemischen Aufbaus unterschiedliche Leuchtkräfte haben.

Bei den Sternen der Leuchtkraftklasse V, also der Hauptreihe, hat die Masse-Leuchtkraft-Beziehung etwa das folgende Aussehen:

$$\log \frac{M}{M_{\odot}} = -0,14 M_{\text{bol}} + 0,55$$

Das ist gleichbedeutend mit der Proportionalität

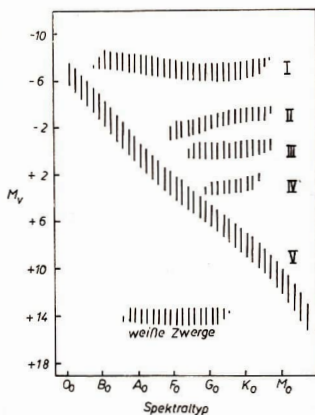
$$L \propto M^{3,15}$$

Aus der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne folgt, daß die Masse und die chemische Zusammensetzung überhaupt die bestimmenden Zustandsgrößen für die Sterne sind. Das bedeutet: Bei Vorgabe einer Masse und der chemischen Zusammensetzung sind für Sterne im Gleichgewicht alle anderen physikalischen Zustandsgrößen eindeutig festgelegt. Sterne der gleichen Masse und der gleichen chemischen Zusammensetzung haben also gleiche Leuchtkräfte, gleiche effektive Temperaturen, gleiche Spektraltypen, gleiche Radien und gleiche Dichten.

Neben der Masse-Leuchtkraft-Beziehung ist das Hertzsprung-Russel-Diagramm ein weiteres wichtiges Zustandsdiagramm (siehe auch Heft 4/5 1967, S. 99). Es gibt den Zusammenhang der Leuchtkraft bzw. der absoluten Helligkeit mit der effektiven Temperatur bzw. dem Spektraltyp der Sterne. Bei Kombination dieser Zustandsgrößen zeigt es sich, daß nicht alle Möglichkeiten vorhanden sind.

Die weitaus größte Mehrheit der Sterne liegt auf der Hauptreihe. Dieser Ast zieht sich diagonal von den hellen O-Sternen bis zu den schwachen M-Sternen durch das Diagramm. Auf diesem Ast befindet sich auch unsere Sonne. Die Objekte auf der

Abb. 3, rechts: Schematisches Hertzsprung-Russel-Diagramm. Es ist die absolute Helligkeit (Leuchtkraft) gegen die Spektralklassen (effektive Temperatur) aufgetragen. Die römischen Zahlen (I bis V) geben die Lage der verschiedenen Leuchtkraftklassen im Diagramm an.



Hauptreihe nennt man die Sterne der Leuchtkraftklasse V. Etwa bei der absoluten Helligkeit O-Größenklassen zieht sich ein Ast von den G_0 -Sternen bis zu den M-Sternen durch das Diagramm. Dieser wird von den normalen Riesensternen der Leuchtkraftklasse III gebildet. Über diesem Bereich liegen die Sterne der Leuchtkraftklassen I und II, zwischen ihm und der Hauptreihe die Vertreter der Leuchtkraftklasse IV. In einem isolierten Gebiet bei sehr geringen absoluten Helligkeiten findet man die leuchtkraftarmen Weißen Zwerge.

Das Hertzsprung-Russel-Diagramm hat für die Probleme der Sternentwicklung eine ganz besondere Bedeutung erlangt. Wir wissen heute, daß ein Stern im Verlaufe seines Lebens einen Entwicklungsweg durch das Diagramm beschreibt. So ist für das Erkennen des Entwicklungsalters von Sternansammlungen, z. B. Sternhaufen, immer die Bestimmung physikalischer Zustandsgrößen der Mitglieder eine notwendige Voraussetzung.

Referierte Ergebnisse der Cospartagung in London Juli 1967

HERBERT FRIEDMANN

US Naval Research Laboratory, Washington DC USA

Energetische Sonnenstrahlungen

Durch Untersuchungen, die während des Jahres der ruhigen Sonne und des letzten Jahres durchgeführt wurden, sind mehrere Hauptmerkmale der Struktur und der Strahlungseigenschaften der Sonnenatmosphäre erkannt worden.

Der Sonnenwind

Der Sonnenwind ist eine primäre Quelle der Entwicklung aktiver Regionen in der Chromosphäre und der Korona der Sonne. Der Windstrom ist so groß, daß die gesamte Korona in nur wenigen Tagen nachgefüllt werden muß. Die Energie des Sonnenwindes kann alle energetischen Anforderungen der Sonnenflares erfüllen. Die Windenergie wird oft in einer typischen „Helm“-Struktur der Korona gespeichert; diese hat eine verblüffende Ähnlichkeit mit dem irdischen magnetosphärischen Schweif, der durch den Druck des Sonnenwindes auf die Magnetosphäre der Erde hervorgerufen wird. Ein charakteristisches Merkmal des Helms ist der scharfe nagelförmige Koronaschweif. Diese Form ist durch von Raketen getragene Koronagraphen entdeckt worden.

Röntgenstrahlenemission

Die Quellen für energetische Röntgenstrahlenemissionen werden in Koronaverdichtungen, 10 bis 100mal so dicht wie die umgebende Korona, lokalisiert, die 1 % oder weniger der Sonnenoberfläche bedecken. Ein wichtiger Beweis ergab sich aus der ersten Beobachtung einer Sonnenfinsternis, die von einem Satelliten (dem NRL Solrad 8) bei Arcetri am 20. Mai 1966 aufgezeichnet wurde.

Wesentlich ist, daß die ganze Emission von Ionen, die bei Beharrungstemperaturen größer als $1.5 \cdot 10^6$ K gebildet werden, mit aktiven Regionen verbunden ist, die von „plages“ umgrenzt sind. Die Variation des Sonnenzyklus folgt dem Wachsen der „plages“. Unter 20 Å (Strahlungen, die auf die unteren E- und D-Regionen der Ionosphäre einwirken) fing Ende 1965 ein nachweisbarer Röntgenstrahlenhintergrund zu erscheinen an. Der erste große Fleck, der sich entwickelte (März 1966), vermehrte den 8–20 Å-Fluß um das 50fache; aber dieser Fleck belegte weniger als ein Tausendstel der Fläche der Scheibe. Daraus schließen wir, daß die Korona unmittelbar über dieser Stelle eine Röntgenstrahlenhelligkeit 5000mal so groß wie die umgebende Korona hatte. Ein Faktor 2 in der erhöhten Emission könnte der erhöhten Temperatur zugeschrieben werden. Die übrige Vermehrung um 2500 muß von der größeren Dichte der verdichteten Korona über der aktiven Region abhängen – eine 50fache Zunahme an Dichte, da Röntgenstrahlenhelligkeit sich mit dem Quadrat der Dichte ändert.

Schnelle Veränderungen in dem Röntgenstrahlenfluß der Sonne

Unter „ruhigen“ Bedingungen gibt es selten einen Beweis für Veränderungen von mehr als ein paar Prozenten in dem 44 bis 60 Å-Band, das im wesentlichen von der gesamten Scheibe ausströmt. In den kürzeren Wellenlängenbändern erscheinen schnelle Veränderungen; bis zu 50 % (8–20 Å) in 10 Minuten, ohne einen Nachweis auch nur eines schwachen Flares. Bei noch kürzeren Wellenlängen ist der Fluß immer sprunghaft. Man beobachtet, daß größere Spektrallinienveränderungen unter 25 Å in Sekundenschnelle ohne Flareaktivität vor sich gehen. Vorher ruhige Regionen werden augenblicklich heller. Die Veränderungen können einmal von der Temperatur abhängen, die sich von weniger als 1 Million bis zu mehreren Millionen Grad in Sekundenschnelle ändern müßte, zum ändern von der Dichte, die in Sekundenschnelle um eine Größenordnung zunehmen müßte. Die Veränderungen lassen nichtthermische Anregung durch abgeschlossene Elektronen vermuten, die sich in den aktiven Regionen abscheiden. Radio-Typ III-Geräuschemissionen, die den energetischen Elektronen zugeschrieben werden,

die Plasmoszillationen hervorrufen, wenn sie durch die Korona mit Relativitätsgeschwindigkeit rasen, stehen oft mit Subflares in Verbindung und scheinen ein fast ständiges Merkmal der Sonnenemission zu sein. Ihre allgegenwärtige Präsenz und Verbindung mit kleineren optischen Phänomenen wie aktiven Protuberanzen und Fäden bedeuten, daß ein einfacher und wirksamer Beschleunigungsmechanismus für Elektronen existieren muß. Es muß im Mikromaßstab eine ständige Erzeugung nichtthermischer Elektronen vor sich gehen, die imstande ist, Elektronen auf mehr als 105 eV zu beschleunigen und dann Röntgenstrahlen zu erzeugen. Es ist auch möglich, daß magnetische Pincheffekte in feinen magnetisch eingefangenen Plasmafäden die schnellen Veränderungen in Temperatur und Dichte, die in der Röntgenstrahlung widergespiegelt werden, hervorrufen könnten. Solche Überlegungen schließen ein, daß die untere Korona ein Dschungel von magnetischen Seilen ist, straff geschlungen von einem magnetischen Sonnenfleck zum anderen – ein Wachstum der durch die Van-Allen-Gürtel gekoppelten Auroraausfällungszonen. Die Elektronen können von einem einfangenden zum anderen übergehen und sich über die Scheibe verteilen, bis sie sich entladen oder längs eines Streifens in den interplanetaren Raum entkommen.

E. R. MUSTEL

Akademie der Wissenschaften, Moskau UdSSR

Der Ursprung des Sonnenwindes und seine astrophysikalischen Aspekte

Bei der Diskussion einiger wichtiger Probleme des Ursprungs des Sonnenwindes während der Jahre niedriger Sonnenaktivität ergibt sich, daß das Minimum der Aktivität ein Übergangsstadium im Sonnenzyklus ist und daß das in den Eigenheiten der korpuskularen Emission widergespiegelt wird.

In der Diskussion zur Gasemission aus den ungestörten Regionen der Sonne werden folgende Schlußfolgerungen gezogen:

- a) Polare Koronastrahlen, die eine potentielle Quelle des Sonnenwindes sind, haben keine direkten Beziehungen zu den photosphärischen magnetischen Feldern; diese Strahlen können als Ergebnis der Prozesse des Ausflusses von Gasen aus der Sonne aufgefaßt werden.
- b) Es scheint, daß zwei Komponenten für die Sonnenkorona charakteristisch sind: eine Komponente mit einer verhältnismäßig geringen Plasmageschwindigkeit und mit bemerkenswerter „Porosität“; und der Sonnenwind selber, der sich durch die Spalten bewegt, die in der ersten Komponente bestehen.

Zum Problem der Lokalisierung (auf der Sonne) der quasi-stationären korpuskularen Ströme, welche die wiederkehrenden geophysischen Phänomene hervorrufen, wird deutlich gemacht, daß für die Lösung dieses Problems zwei Typen von Störungen getrennt untersucht werden müssen:

- a) die gewöhnlichen wiederkehrenden R-Störungen, die in allen Phasen des Zyklus beobachtet wurden,
- b) die klassischen RM(M)-Störungen, die hauptsächlich beim Minimum der Aktivität beobachtet wurden.

Neue Argumente werden kurz zusammengefaßt zugunsten der Tatsache, daß quasi-stationäre Ströme, die beide Typen von Störungen hervorrufen, in den aktiven Regionen der Sonne entstehen. Im ersten Fall sind die Quellen der Ströme die aktiven Regionen in ihrem optisch-magnetischen Stadium, im zweiten Fall sind es diese Regionen in ihrem nachfolgenden magnetischen Stadium, das durch schwache einpolige Regionen dargestellt wird.

Zu den Dimensionen der Quellen der quasi-stationären Ströme auf der Sonne wird der Schluß gezogen, daß diese Dimensionen nahe dem Minimum des Zyklus merklich größer als die Dimensionen der Quellen für die anderen Phasen des Zyklus sind.

Im Hinblick auf die Mechanismen des quasi-stationären Gasausflusses von der Sonne wird darauf hingewiesen, daß außer den gewöhnlichen Prozessen der dynamischen thermischen Dissipation, die mit der hohen kinetischen Temperatur verbunden ist, eine bestimmte und manchmal vielleicht große Rolle von Prozessen eines nichtthermischen Charakters gespielt werden kann, die zu der Schaffung energetischer Partikel führen und mit den lokalen magnetischen Feldern auf der Sonne in Beziehung stehen.

Direkte Messungen von interplanetaren magnetischen Feldern und Plasmen

Direkte Messungen durch Satelliten und Raumsonden seit 1961 haben die Existenz des Sonnenwindes, im wesentlichen so wie von E. N. Parker theoretisch vorausgesagt, festgestellt. Die typischen Werte des interplanetaren magnetischen Feldes sind: 6γ Mittelwert mit Größen von 2 bis 20γ . Die Flußwerte reichen von 10^8 bis zu 10^{10} Partikeln $\text{cm}^{-2} \text{sek}^{-1}$. Zusätzliche Resultate ersten Grades lassen vermuten, daß der Sonnenwind, wie bei 1 A. U. beobachtet, prinzipiell aus 5° bis 15° nördlicher heliographischer Breite kommt. Synoptische Studien der physikalischen Eigenschaften haben auf eine Sektorbildung der Richtung des interplanetarischen magnetischen Feldes und der mit ihr zusammenhängenden Variationen der Plasmageschwindigkeit, -dichte und -temperatur hingewiesen. Ergebnisse zweiten Grades, die kürzlich erzielt wurden, decken eine feingradige, fadenförmige Struktur magnetischer Felder auf, die direkt mit der Sonne verbunden sind. Temperaturanisotropien im Plasma werden auch beobachtet. Da die Sonnenaktivität zugenommen hat, sind zahlreiche Beobachtungen von Druckwellen im interplanetaren Raum gemacht worden, die mit vergrößerten magnetischen Feldstärken korrelieren. Dieser Vortrag gibt einen Überblick über die quantitativen Resultate und das synoptische Bild, das aus der ausgedehnten Sonnenkorona hervorgegangen ist, die von 0,7 bis 1,5 A. U. während der letzten 6 Jahre durch Mariner-, IMP-, Pioneer- und Vela-Raumflugkörper beobachtet wurde.

S. K. VSEKHSVYATSKII

Universität Kiew, UdSSR

Kometen, interplanetarer Raum und die Probleme des Sonnensystems

Die Einbeziehungen der Kometenbeobachtungen und Kometenforschungen in das Programm des Jahres der ruhigen Sonne war auf die günstige Möglichkeit zurückzuführen, Kometen als natürliche Sonden des interplanetaren Raumes zu benutzen; aber die Pläne waren etwas experimentellen Charakters. Jetzt können wir die Resultate dieser Experimente zusammenfassen.

Ungefähr 25 Kometen sind während der Periode 1963–1965 beobachtet worden, darunter die Kometen, die für ihre Aktivitäten oder die Besonderheiten ihrer Bewegung bemerkenswert sind: wie Humason 1962 VIII, Tomita-Herber-Honda 1964 VII, Alcock 1963 III, Pereyra 1963 V, (Kearns Kwee) 1963 VIII, Ikeya 1964 VIII, Everhart 1964 IV, (Klemola) 1965 V, (Tsuchinshan 1) 1965 I, (Tsuchinshan 2) 1965 II und besonders Ikeya-Seki 1965 VIII. Eine beträchtliche Anzahl kurzlebiger Kometen durchquerte die weite Region nahe der Sonnenbahn. Die Anzahl der Kometen und die Verteilung ihrer Bahnen im Sonnensystem reicht aus, um die Bedingungen in einer sehr großen Region des interplanetaren Raums zu erkennen.

Die Organisation des Kometendienstes während der Periode des Jahres der ruhigen Sonne hatte ein beträchtliches Anwachsen der Zahl der Beobachtungen und der der Observatorien zur Folge, die an den Kometenstudien teilhatten. Man muß die großartigen Beobachtungsreihen hervorheben, die in der Naval Observatory Flagstaff Station, den Observatorien von Skalnaté Pleso, Hamburg und Tokyo, den Stationen der Smithsonian Astrophysical Observatory und kürzlich bei dem Astrophysikalischen Observatorium der Krim, bei Tartu und an anderen Orten unternommen wurden.

Die Ephemeridenberechnung, die dringliche Bestimmung neuer Umlaufbahnen und der Informationsdienst spielten eine entscheidende Rolle in der Ausdehnung der Kometenbeobachtungen. Man muß die tüchtige Arbeit des Zentralbüros für astronomische Telegramme der Internationalen Astronomischen Union (O. Gingerich und B. Marsden beim Smithsonian Astrophysical Observatory) erwähnen und die Tätigkeit anderer Kometenberechnungszentren wie der British Astronomical Association (J. G. Porter) bei der Herstellung der Ephemeriden kurzlebiger Kometen und der Herausgabe des zusätzlichen Katalogs der Kometenbahnen (1965) im Anschluß an den gut bekannten Katalog von 1560. Die Komputerrechnungen in Prag (Z. Sekanina) und eilige Bahn- und Ephemeridenbestimmungen, vorgenommen in Leningrad am Institut für theoretische Astronomie (S. G. Macover), sicherten dieses Werk.

Die Kometen von Humason, Tomita-Herber-Honda und besonders Ikeya-Seki, über die wir einzigartiges Beobachtungsmaterial erhielten, sind von außergewöhnlichem Interesse. Trotzdem hat der Kometendienst noch nicht den Umfang erreicht, den er verdient.

Die Beiträge des internationalen Symposiums über die Natur der Kometen und ihren Ursprung, organisiert von Prof. Swings (Lüttich, Juli 1965) bzw. das in Kiew zusammengestellte Kompendium geben eine Vorstellung vom Umfang der Forschungen auf dem Gebiet der Kometenphysik und der Information über kürzliche Kometenaktivität. Einige Hauptergebnisse, die schon gewonnen sind, können genannt werden, auch wenn die Diskussion der zur Betrachtung stehenden Daten, die während der Periode des Jahres der ruhigen Sonne erlangt wurden, bei weitem noch nicht abgeschlossen ist.

Es ist ganz klar, daß integrale Kometenhelligkeitsvariationen zusammen mit den Studien der Plasmakometenschweife eine wichtige Indikation der Sonnenaktivität und der interplanetaren Bedingungen ergeben. Das Studium des Kometen Schwassmann-Wachmann 1 deutete die Existenz einer Wiederkehr von Kometenflares nach 25–30 Tagen an, und in vielen Fällen enthält die Untersuchung eine direkte Relation zwischen Kometenhelligkeitsausbrüchen und geomagnetischen Störungen. Während der letzten 50 Jahre wurden zumindest bei 54 Kometen Flares und Helligkeitsvariationen, die Eigentümlichkeiten aufwiesen, beobachtet, welche Aktivitäten in der Korpuskularstruktur der äußeren Korona vermuten lassen. Die Ergebnisse zeigen, daß radiale Ströme, die sich bis jenseits der Bahn des Jupiter erstrecken, während einiger Perioden in der äußeren Korona existieren. Eine Anzahl Flares in anderen Kometen, die auch diese Schlußfolgerungen unterstützen, sind beobachtet worden.

Ein interessanter Zusammenhang zwischen dem Grad der Aktivität und der Bewegungsrichtung der Kometen wurde bei der Analyse von Tätigkeitsausbrüchen der Kometen gefunden. Die meisten retrograden Kometen (1964 VI, 1962 VIII, 1960 III, 1954 II, 1937 V, 1910 II, 1908 III usw.) zeigten sowohl starke Helligkeitsvariationen als auch eine spezielle Schweifaktivität, welche die Folge entweder großer relativer Geschwindigkeit der Begegnung der Kometen mit korpuskularen Strömen und ihren magnetischen Unregelmäßigkeiten im interplanetaren Raum sein können oder der Ursprung solcher Kometen. Eine interessante Interpretation der im Schweif des Tomita-Herber-Honda beobachteten Besonderheiten spricht zugunsten der ersten Annahme.

Das Studium der Orientierung der Kometenschweife als ein direktes Zeichen der Wechselbeziehung zwischen Kometengasen und dem Sonnenwindplasma (oder Korpuskularströmen) führte zu wichtigen Ergebnissen. Der Einfluß elektromagnetischer Kräfte, der 1943 von Hoffmeister, 1952 von Biermann und von Vsekhsvyatskii, der 1968 Typ-II-Schweife betrachtete, vermutet wurde, muß als bewiesen angesehen werden. Beim Studium der Typ-II-Schweife erhielt Brandt einen Wert für die Radialgeschwindigkeit des interplanetaren Plasmas, der mit dem Beweismaterial von Mariner 2 übereinstimmt. Die mögliche niedrige Grenze wurde auf etwa 150 km/sec^{-1} und die Transversalgeschwindigkeit auf etwa 11 km/sec^{-1} geschätzt. Beltron zeigte die Notwendigkeit für die Einführung elektromagnetischer Kräfte, um die Besonderheiten der Typ-II-Schweife zu erklären.

Die Folgerungen aus dem statistischen Studium der Kometen, die Typ-I-Schweife haben, zeigen, daß der Wechselbeziehungseffekt des Sonnenwindes auf einen Kometen von der heliographischen Breite abhängig ist. Dieser Einfluß der Stellung eines Kometen in Bezug auf die Sonne wurde schon 1938 von Vsekhsvyatskii beim Studium von Kometenhelligkeitsvariationen entdeckt und von Stumpff beim Studium von Schweifbesonderheiten 1961. Das offensichtliche Fehlen irgendeiner Abhängigkeit vom Niveau der Sonnenaktivität, welches die Autoren feststellten, kann aber mit dem statistischen Charakter der Untersuchung und mit der Tatsache zusammenhängen, daß Wolfs Sonnenfleckenzahlen in der Hauptsache keine ins einzelne gehende Indikation des Niveaus der Korpuskularaktivität der Sonne geben. Besondere Phänomene im Schweif des Tomita-Herber-Honda, bereits oben erwähnt, weisen auf die Natur wirklicher Effekte hin.

Alfven war der erste, der die Theorie der Plasmakometenschweife ausarbeitete. Marochnik benutzte die Idee einer Schockwelle, um die Wechselbeziehung des Kometenplasmas mit dem Sonnenwind zu beschreiben. Ness und Donn erörterten die Möglichkeit der Strahlenstrukturformation in Kometen und zeigten die Bedeutung der Benutzung der Resultate der direkten Sondierung der Magnetosphäre der Erde für die Versuche auf, die Kometenprozesse zu verstehen. Bei der Auswertung der Beobachtungen von 11 Kometen fand Pflug, daß die Partikelgeschwindigkeit des Sonnenwindes von der heliographischen Breite abhing. Die Geschwindigkeit ist am größten nahe dem Sonnenäquator und bei 45° heliographischer Breite ($500\text{--}600 \text{ km/sec}^{-1}$); bei $25^\circ\text{--}30^\circ$ und auch bei 55° beträgt die Geschwindigkeit gegen 300 km/sec^{-1} .

Alle diese Ergebnisse illustrieren die großen Möglichkeiten für die Benutzung von Kometenphänomenen bei der Erforschung der Struktur und der Stärke der magnetischen Felder im interplanetaren Raum, d. h. bei Studien der Natur der äußeren Sonnenkorona und des korpuskularen Feldes. Schon der bloße Vergleich der Kometenstrukturen bei verschiedenen Entfernungen von der Sonne kann eine allgemeine Information geben.

Weiterer Fortschritt in der Nutzung der Kometen als Raumsonden ist mit der Klärung der Natur der physikalisch-chemischen Prozesse verbunden, die in den Köpfen und den Kernen der Kometen stattfinden. Der klassischen Arbeit von Swings, Wurm und Whipple folgend, entwickelten Delsemme, Markovich und Mokhnach wesentlich neue Ideen, die Anwesenheit von einigen zusammengesetzten Hydraten in den Kometenkernen, die thermodynamischen Prozesse in den schwer schmelzbaren und den schmelzbaren Komponenten und die Verteilung der Materie in den Köpfen der Kometen betreffend. Die Berechnungen, die kürzlich von Cherednichenko vorgenommen wurden, zeigten die sehr wahrscheinlichen Wechselbeziehungen der Ausgangsmoleküle in den Köpfen der Kometen, den neuen Mechanismus der Natriumemission und die wahrscheinliche Lösung der Hydrogen- und Oxygen-Probleme in den Kometen. Die Spektrogramme des Ikeya-Seki-Kometen, die in den USA und in Europa gemacht wurden, sind von großem Wert, und die Kometenforscher in der ganzen Welt sind auf die Ergebnisse ihres Studiums begierig. Die Erforschung von Kometen, besonders in den letzten Jahren, ist von großer Bedeutung, da die Kometen die meisten fundamentalen Probleme der Evolution und des Ursprungs des Sonnensystems erklären können. Dieser vorher nicht gesehene Aspekt des Kometenproblems, der in den Diskussionen vollständig außer acht gelassen worden war, als 1963 die Kometen in das Programm des internationalen Jahres der ruhigen Sonne aufgenommen wurden, ist jetzt von unabdingbarem Interesse. Die Berichte von Richter, Whipple, Swings, Remy-Battiau, Öpik, Vsekhsvyatskii und anderen, die auf dem Symposium in Liège gegeben wurden, hoben die Bedeutung der Kometen in den Studien der Kosmogonie hervor. Zwei gegenüberstehende Standpunkte wurden auf diesem Symposium vertreten: die Laplacesche Verdichtungstheorie und ihre Verbindung während der letzten beiden Jahrzehnte mit der Idee von Oort's Kometenwolke. Diese Konzeption wird noch von vielen Wissenschaftlern vertreten.

Es ist in den letzten Jahren offensichtlich geworden, daß die Kometen zahlreiche Zeugen der eruptiven Evolutionsprozesse darstellen, die in vielen planetarischen Körpern im Sonnensystem vor sich gegangen sind. Zur Stützung dieser Hypothese, die schon von Lagrange vertreten wurde, trug Vsekhsvyatskii zahlreiche Argumente vor, und er widerlegte die Möglichkeit einer stabilen Oort'schen Kometenwolke wegen der häufigen Durchdringungen der Wolkenregion durch Sterne (500 000 AU), die 100 bis 1000mal während der Existenz des Sonnensystems vor sich gegangen sein mußten.

Die Auswertung der eruptiven Prozesse auf den Planeten und Satelliten, die direkt durch Beobachtungen vulkanischer Phänomene auf den Planetenoberflächen bestätigt oder Folgeerscheinungen dieser Phänomene sind, zeigt, daß dieser Aspekt des Problems kleiner Körper eine entscheidende Rolle bei der Enthüllung der Natur der Planeten erlingt, und zwar bei unserer Erde zu allererst. Die Wissenschaftler haben begonnen, die Kometen als Indikatoren der Sonnenaktivität und der Bedingungen im interplanetaren Raum zu benutzen, nun sollten sie die Kometen für einen wichtigen Schlüssel zum Verständnis der früheren Geschichte der Planeten und für einige Fragen ihrer inneren Struktur und der Quellen der kosmischen vulkanischen Energie halten. Das unterstreicht die ständig wachsende Rolle der kleinen Körper bei der Lösung geophysikalischer Probleme und zwingt die Astronomen zu der immer dringlicher werdenden Einrichtung eines wirksamen Kometendienstes.

Die Notwendigkeit, einen Kometenbeobachtungsdienst nach dem Beispiel der Beobachtung der Asteroiden zu organisieren, wurde zum erstenmal auf der Sitzung der IAU-Kommission 15 während des Kongresses 1938 in Stockholm diskutiert. Die Erfahrung der Beobachtungen des Internationalen Jahres der ruhigen Sonne bekräftigte die Notwendigkeit, den Kometenbeobachtungsdienst auszudehnen und rief neue Forderungen nach wissenschaftlicher Kooperation hervor, um die Lösung verwandter geophysikalischer Probleme zu beschleunigen.

Sowjetische Astronomen schlugen zwei Aufgaben vor:

Erstens einen internationalen Dienst für photoelektrische Aufzeichnungen der Haupthelligkeit ausgewählter Kometen einzurichten. Deren Ergebnisse würden detaillierte Vergleiche mit geomagnetischen Aufzeichnungen ermöglichen und Information über die Feldstruktur der Koronastreifen in der Ekliptikebene geben. Es ist von großer Wichtigkeit, einzelne und

gelegentliche (aber vergleichbare und homogene) photoelektrische Beobachtungen zu kombinieren und so eine kontinuierliche Aufzeichnung der Prozesse im Kometenkopf zu gewinnen, welche durch die Helligkeitsvariationen widergespiegelt werden. Es ist klar, daß eine solche internationale Organisation für photoelektrische Kometenbeobachtungen nur innerhalb der internationalen Astronomischen Union geschaffen werden sollte. Aber es sollte einen engen Kontakt mit den Erforschern des interplanetarischen Raums und aktive Unterstützung durch die Organisationen geben, die an einer internationalen Zusammenarbeit in der Geophysik interessiert sind.

Zweitens muß die Suche nach neuen Kometen in großem Umfange erweitert und sollte wahrscheinlich auf einer neuen Basis organisiert werden. Bisher ist sie eine Sphäre gelegentlicher Aufmerksamkeit geblieben und wurde auch als eine Aufgabe für enthusiastische Amateurastronomen gehalten.

Besondere Aufmerksamkeit sollte hauptsächlich der beträchtlichen Vermehrung der Beobachtungen schwacher Kometen geschenkt werden. Da praktisch nur 2 oder 3 große Teleskope für die Kometenbeobachtungen benutzt werden, sind wir, manchmal für immer, der äußerst wichtigen Information über die Prozesse beraubt, die in entfernten Regionen des Sonnensystems vor sich gehen, und über jene, welche sich in der Vergangenheit ereigneten.

Eine wesentliche Verbesserung in der gegenwärtigen Situation würde nicht weniger als 10 Teleskope mit einem Objektiv- oder Spiegeldurchmesser von 100 cm oder darüber erfordern: diese Teleskope sollten für die regelmäßigen Beobachtungen schwacher Kometen benutzt werden, und zwar auf dem gleichen Niveau, das Miss Roemer mit dem Flagstaffreflektor erzielt hatte. Eine große Zahl von Beobachtern, die sich auf Kometenprobleme spezialisieren, muß ausgebildet werden.

Pulsare

Nach der Entdeckung der Quasare war die Auffindung des ersten Pulsars im Jahre 1967 unerwartet. Englische Radioastronomen der Universität Cambridge haben ein Radioteleskop speziell zur Beobachtung der Szintillation bei Radioquellen gebaut. Hier entsteht die Szintillation, die ihre Ursache für das optische Leuchten in der Turbulenz der Luftelemente in der Erdatmosphäre hat, durch den Sonnenwind oder die Plasmakomponente des interplanetaren Gases. Das radioastronomische Beobachtungsinstrument dafür ist ein großes Interferometer. Es hat in Ost-West-Richtung eine Ausdehnung von 470 m und in Nord-Süd-Richtung von 45 m. Bei den Beobachtungen läuft der Himmel auf Grund der täglichen Bewegung durch die Empfangskeule des Instrumentes hindurch.

Bei einem Beobachtungsprogramm, das sich auf einen Bereich von -8° bis $+41^\circ$ erstreckte, fiel eine ungewöhnliche, rhythmische Störung, die täglich zur gleichen Sternzeit auftrat, auf. Eine genaue Lokalisierung der Strahlungsquelle führte zur Entdeckung des ersten Pulsars: CP 1919. In der Bezeichnung bedeutet: C = Cambridge, P = Pulsar, die Ziffern ergeben sich aus der Rektaszension der Quelle 19h 19m. In der Folgezeit wurden im Bereich, der dem Instrument zugänglich war, drei weitere Pulsare gefunden (s. Tabelle).

Tabelle: Daten der vier ersten bekannten Pulsare.

Objekt	Rektaszension (1950)	Deklination	Impulsperiode in Sekunden
CP 0834	8h 34m 22s	$+6^\circ 07' 00''$	1,2737642
CP 0950	9 50 28 9	$+8^\circ 11' 06''$	0,253065
CP 1133	11 33 36	$+16^\circ 07' 36''$	1,18790928
CP 1919	19 19 37	$+21^\circ 47' 02''$	1,33730109
Blauer Stern	19 19 36 9	$+21^\circ 46' 37'' 4$	

Die Tabelle gibt auch die Koordinaten des Sternes, der möglicherweise mit CP 1919 identisch ist.

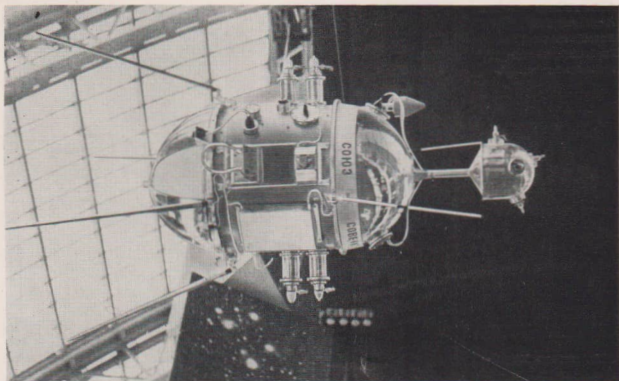


Abb. oben: Kosmos-Satellit vom standardisierten Typ, der speziell zur Untersuchung der Hochatmosphäre dient. – Abb. unten: Mittlerer Teil dieses Satelliten mit zwei hier angebrachten Massenspektrometern. Links im Bild die aktive Wärmeregulierungsanlage mit verschiebbaren Halbkugelsegmenten.

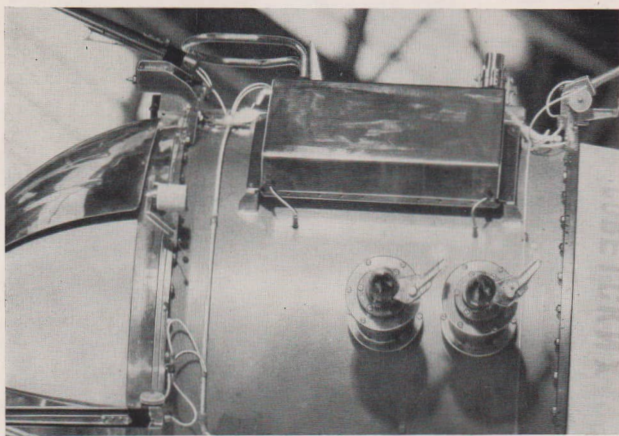


Abb. rechts: An dem Ausleger des Satelliten sind Ionisationsmanometer angebracht.



Abb. unten: Kugelförmiger Kaltgasbehälter von Kosmos 166. Dieser Satellit, der speziell der Untersuchung der solaren Strahlung diente, mußte lagestabilisiert und auf die Sonne ausgerichtet sein. Den Rohrableitungen nachgehend, erkennt man mehrere Kaltgasdüsen.

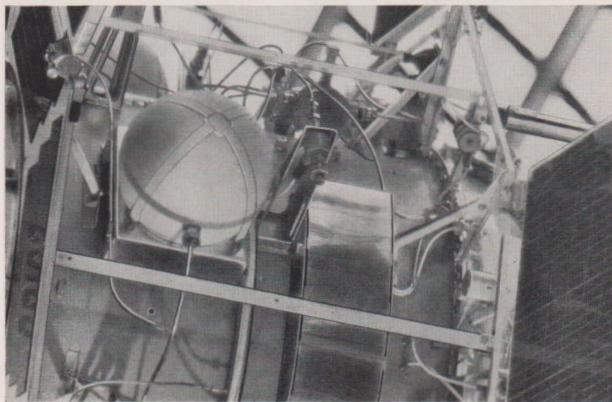
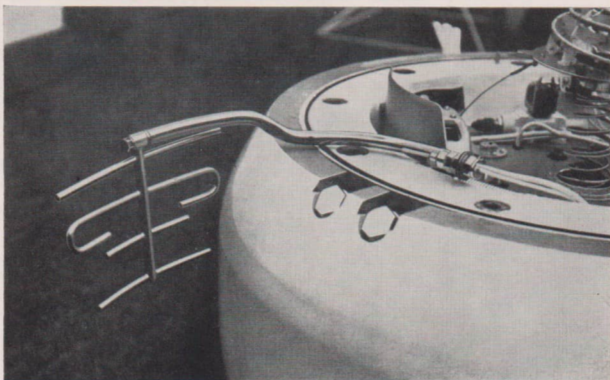




Abb. links: Triebwerksteil
für Bahnkorrekturen einer
sowjetischen Planetensonde.

Sowjetische Raumflugkörper im Detail vorgestellt

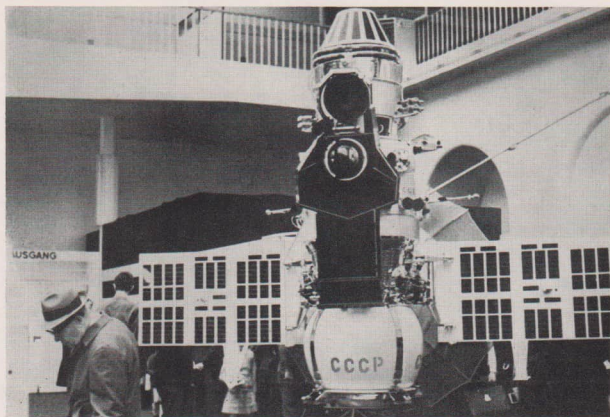
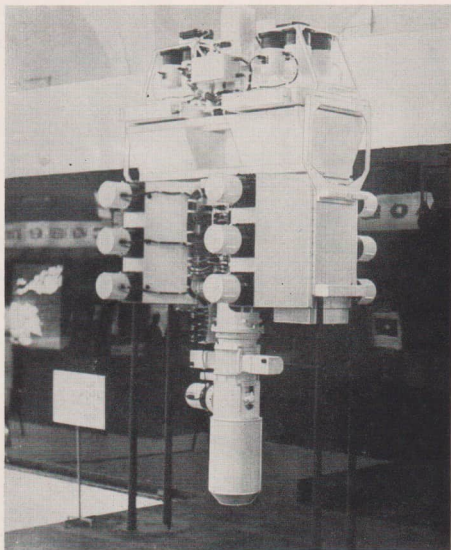
Abb. unten: Landebehälter
von „Venus 4“.



Sowjetische Raumflug- körper im Detail vorgestellt

Abb. rechts: Instrumententeil eines sowjetischen Satelliten der Serie Proton. Bei „Proton 4“ hatte allein dieser Instrumententeil eine Masse von 12,5 Tonnen.

Abb. unten: Der interplanetare Raumflugkörper „Venus 4“



Da an verschiedenen Stellen der Erde Einrichtungen für Szintillationsbeobachtungen im Radiofrequenzbereich vorhanden waren, setzte nach der Entdeckung der ersten Pulsare eine intensive Beobachtung der neuen Objekte ein.

Im folgenden werden einige Beobachtungsfakten mitgeteilt.

Die Pulsare scheinen sich in Entfernungen von einigen 100 Lichtjahren zu befinden und somit Objekte zu sein, die zu unserem Milchstraßensystem gehören. Für alle Pulsare gilt, daß sie sehr kurze Perioden (s. Tabelle) der Pulsfolgen mit hoher Stabilität haben. Die Pulsare sind gewissermaßen sehr gute Uhren.

Mit dem großen Radioteleskop von Jodrell Bank (England) wurde CP 1919 bei den Frequenzen 151, 240 und 408 MHz beobachtet: Die empfangene Energie nimmt mit steigender Frequenz ab. Dies gilt nicht für alle Pulsare.

Auch das feststehende Radioteleskop von Aricebo (Durchmesser 1000 Fuß) wurde zur Untersuchung der Pulsare eingesetzt. Für CP 1919 wurde festgestellt, daß der Anstieg der Pulsenergie auf den Maximalwert sehr steil ist; das Maximum wird in 0,003 Sekunden erreicht. Der Abfall geht flacher, in etwa 0,03 Sekunden vor sich (s. Abb.). Auch die Pulsformen der anderen Pulsare wurden mit dem Teleskop untersucht.

Des weiteren wurde das Instrument von Aricebo eingesetzt für die Beobachtung der Pulsare bei 85, 150, 630 und 1410 MHz. Dabei erkannte man, daß der Pulsabstand bei allen Frequenzen für alle Pulsare bis auf eine Genauigkeit von 10^{-6} Sekunden immer gleich ist.

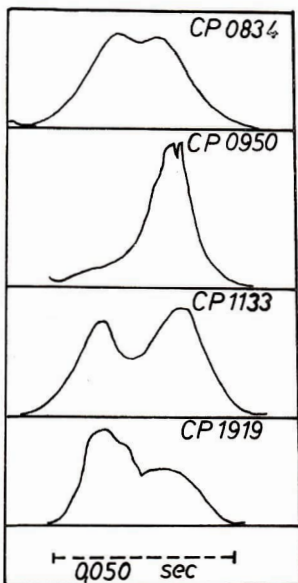
Die Untersuchung der Pulsstrukturen ergab für zwei Objekte von 1,33 Sekunden Periode einen Doppelcharakter (s. Abb.). Der Pulsar mit 0,25 Sekunden Periode zeigt in der Struktur Einzelcharakter. Dabei beträgt die Pulsbreite im Mittel in jedem Fall etwa 0,050 Sekunden. Individuelle Impulse können von diesem Wert Abweichungen bis zu einem Zehntel haben. Eine Besonderheit ist bei CP 0950 zu erkennen.

Hier gibt es einen Vorpuls. Die Intensität des Vorpulses beträgt etwa 1,5% des Hauptpulses (s. Abb.).

Wie bei den Quasaren, die auch durch die beobachtende Radioastronomie gefunden wurden, ist man an einer optischen Identifizierung der Radioquellen sehr interessiert. Umfangreiche Arbeiten brachten hier noch keine großen Erfolge. Für CP 1919 ist die Übereinstimmung mit einem Stern etwa 18. Sterngröße sehr wahrscheinlich (s. Tabelle).

Die beobachteten Tatsachen müssen nun nach Möglichkeit durch einen theoretischen Ansatz erklärt werden. Von einer Lösung dieses Problems ist man z. Z. aber noch weit entfernt. Die Theorie gibt heute lediglich eine Abgrenzung der Möglichkeiten.

In einigen Erklärungsversuchen wird angenommen, daß sehr schnell rotierende Sterne in ihrer Magnetosphäre Plasmaauswürfe aus dem Stern festhalten und bei der Rotation mitschleppen.



Pulsprofile der vier ersten bekannten Pulsare.

Die Empfängerbandbreite beträgt bei CP 1919 1 MHz, bei den anderen Pulsaren 4 MHz. Die effektive zeitliche Auflösung ist bei CP 0834 und CP 1133 0,006 sek, bei CP 1919 0,002 sek und bei CP 0950 0,001 sek.

Diese Plasmawolken in den Magnetosphären könnten die als Pulsare beobachtete Strahlung verursachen. Welche Sterne können nun in der Lage sein, so schnelle Rotationen auszuführen? Die Objekte müssen erstens sehr klein sein und zweitens eine hohe Masse haben, um bei der schnellen Rotation zusammenzuhalten. Bei einer Dichte von 10^6 g cm^{-3} dürfte der Durchmesser nicht über 10^4 km liegen, um die Stabilität des Sternes zu garantieren. Das wäre ein Weißer Zwerg von etwa einer Sonnenmasse.

Es muß aber nochmals betont werden, daß es für die theoretische Deutung des Pulsarphänomens noch sehr viel zu tun gibt.

Dr. S. MARX

Aus der Literatur

Drei weitere Pulsare

Von Astronomen des Observatoriums in Green Bank (USA, Virginia) und vom Observatorium in Cambridge (England) konnten drei weitere Pulsare nachgewiesen werden.

Bezeichnung	α	(1950)	δ	Periode
HP 1506	15h 06m		+53° 3	0,7397 Sek.
CP 0328	3 28 52		+53°	0,71446 Sek.
CP 0808	8 08 50		+75°10'	1,29223 Sek.

Nach Sky and Telescope, 36, 156, 1968

Neues über Barnards Pfeilstern

Der Barnardsche Pfeilstern zählt von der Erde aus gesehen zu den nächsten Fixsternen, denn er steht in 5,9 Lichtjahren Entfernung. Seiner Leuchtkraft nach ist er ein ganz unscheinbares Objekt, denn sie beträgt nur das 0,0004fache der Sonnenleuchtkraft. Dadurch sehen wir den M 5 Stern auch trotz seiner Nähe nur als Objekt 9,5 Größenklasse.

Interessant ist der Stern durch seine hohe Eigenbewegung. Er verändert z. Z. seinen Standort am Himmel pro Jahr um 10,30 Bogensekunden. Das ist die größte bekannte Eigenbewegung überhaupt. Er hat jedoch aus einem anderen Grunde von sich reden gemacht. P. van de Kamp hat durch die Bearbeitung von 2400 fotografischen Aufnahmen aus den Jahren 1916 bis 1962 erkannt, daß der Stern in seiner Bewegungsrichtung eine periodische Schwankung zeigt, und führt diese auf das Vorhandensein eines unsichtbaren Begleiters bei dem Pfeilstern zurück.

Weitere 636 Aufnahmen aus den Jahren 1963 bis 1967 lassen nun über den Begleiter schon einige sicher erscheinende Aussagen zu:

Die Masse des unsichtbaren Begleiters beträgt das 1,8fache der Masse des Planeten Jupiter.

Die Umlaufzeit um den gemeinsamen Schwerpunkt beträgt 25 Jahre.

Die Exzentrizität der Bahn liegt bei 0,75.

Die Neigung der Bahn beläuft sich auf 69°.

Wenn diese Daten stimmen, kann man mit Recht sagen, daß hier ein Planet eines anderen „Sonnensystems“ gefunden wurde.

Die Beobachtungsmöglichkeiten für den Barnardschen Pfeilstern werden immer besser, denn er hat die hohe Bewegungskomponente von 108 km/sek. auf die Erde zu. Das bedeutet, daß er im Jahre 10 000 nur noch in einer Entfernung von etwa 4 Lichtjahren zu finden sein wird. Seine Eigenbewegung beträgt dann sogar 25,6 Bogensekunden pro Jahr. Seine Helligkeit wird auf etwa 8,5 Größenklassen angewachsen sein.

Nach Sterne und Weltraum, 11, S. 282, 1968.

Annäherung des kleinen Planeten Geographos an die Erde

Der kleine Planet Geographos wurde am 14. September 1951 am Mt. Palomar Observatorium von A. Wilson und R. Minkowski entdeckt. Er hat eine Umlaufperiode um die Sonne von 507 Tagen. Die Bahnexzentrizität beträgt 0,335, die Bahnneigung $13^{\circ}20'$. Geographos gehört mit Ikarus und Toro zu den in die Erdbahn hineinlaufenden kleinen Planeten. Ikarus hat einen Perihelabstand von 0,187 Astronomische Einheiten (A. E.), Toro von 0,771 A. E. und Geographos von 0,827 A. E.

Am 8. Januar 1969 stand Geographos in Opposition zur Sonne. Er hatte zu diesem Zeitpunkt einen Abstand von 0,6 A. E. von der Erde und war im Sternbild Luchs als Objekt 16. Größenklasse zu sehen. Von hier aus läuft er dann durch die Sternbilder Fuhrmann, Zwillinge und Nördliche Wasserschlange. Am 8. Juni 1969 kreuzt Geographos den Himmelsäquator. Seinen südlichsten Punkt ($\delta = -55^{\circ}22'$) erreicht der kleine Planet am 23. August 1969 im Sternbild Zentaur. Dann strebt er wieder mit hoher Geschwindigkeit nach Norden und kreuzt bereits am 15. September wieder den Himmelsäquator in nördlicher Richtung.

Seinen kleinsten Abstand von der Erde hat Geographos am 26. August 1969. Die Entfernung Erde-Geographos beträgt nur 0,061 A. E. Der kleine Planet steht zu diesem Zeitpunkt bei $\delta = -50^{\circ}$ als Objekt 12. Größenklasse. Insgesamt bleibt er für 21 Tage der Erde näher als 0,1 A. E. Ikarus, der der Erde vor kurzem sogar bis auf 0,042 A. E. nahekam, blieb nur 10,5 Tage näher als 0,1 A. E. zur Erde.

Nach Sky and Telescope, 36, S. 232, 1968.

Eine Testmöglichkeit für die Relativitätstheorie

Nach der Relativitätstheorie ist die Geschwindigkeit des Lichtes abhängig von der Größe des Schwerfeldes, in welchem sich das Lichtsignal bewegt. Wenn man einen Planeten, z. B. Venus oder Merkur, als Reflektor für ein Radarsignal benutzt, und das Radarsignal auf seinem Wege streifend an der Sonne vorbeigehen läßt, so hat nach den Aussagen der Relativitätstheorie das Schwerfeld der Sonne eine Verzögerung des Signals von zwei Millisekunden zur Folge. Diese geringe Verzögerung muß bei einer Gesamtlaufzeit von etwa 30 Minuten gemessen werden. Wenn das abgehende Signal eine Leistung von 300 Kilowatt hat, empfängt man ein Echo von etwa 10^{-21} Watt. Das ist eine weitere Klippe für die Messungen. Desweiteren müssen die Standorte der Reflektoren bestens bekannt sein, d. h. die Bahnen der Planeten muß man sehr genau kennen. Am 9. 11. 1966 hat man die Venus zur Testung der Theorie in der oberen Konjunktion benutzt. Am 18. 1. 1967, am 11. 5. 1967 und am 24. 8. 1967 den Merkur in der gleichen Stellung zur Sonne. Auf Grund der oben erwähnten Schwierigkeiten waren die Resultate mit etwa 20 % Fehlern behaftet. Als Ergebnis kann man aber schon festhalten: 1. Das Schwerfeld übt auf die Lichtgeschwindigkeit einen Einfluß aus. 2. Die Meßwerte der Verzögerung stehen innerhalb der Fehlergrenzen nicht in Widerspruch mit den Erwartungen nach der Relativitätstheorie.

Nach Physical Review, 20, 1265, 1968.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Fünffähriges Bestehen der Fachgruppe Potsdam

Zu einer Feierstunde trafen sich am 18. 12. 1968 die Mitglieder anlässlich des fünfjährigen Bestehens der Fachgruppe. Im April 1965 wurden das Astronomische Kabinett mit einem Vortragsraum im Kulturhaus Babelsberg sowie die Volks- und Schulsternwarte in der Bürgerschule, Potsdam-Babelsberg eröffnet. In der folgenden Zeit erfolgte der Ausbau einer aufgestellten Privatsternwarte. Im August 1967 konnten die wesentlichsten Arbeiten abgeschlossen und das Instrument installiert werden. Sie wurde als Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“ dem Gedenken an den tödlich verunglückten Kosmonaut geweiht. Die Bemühungen, in Potsdam ein Planetarium zu errichten, hatten Ende 1967 Erfolg, als der Rat des Bezirkes, Abt. Volksbildung, ein Zeiss-Kleinplanetarium für das Pädagogische Neuererzentrum anschaffte. Die Eröffnung erfolgte im Oktober 1968. In der verfloßenen Zeit fanden statt: Populärwissenschaftliche Vorträge: 128 mit 2474 Besuchern, davon Jugendstunden 20 mit 485 Besuchern, davon Planetariumsvorführungen 4 mit 103 Besuchern, davon Sternführungen 4 mit 80 Besuchern. — Besichtigungen, Exkursionen, Feierstunden: 14 mit 395 Besuchern, Öffentliche Beobachtungen: 121 mit 1380 Besuchern, davon Straßen- und Campingastronomie 6 mit 335 Besuchern. An 37 Tagen fanden fachliche und methodische Vorträge im Rahmen der Lehrerweiterbildung vor 302 Lehrern statt. Astronomische Vorträge im Esperanto-Klub: 2 mit 41 Besuchern, sonstige Vorführungen im Planetarium: 30 mit 1012 Besuchern, Vorträge außerhalb der Fachgruppe 44 mit 1844 Besuchern. — Weitere Mitwirkung: Ausgestaltung von 5 Ausstellungen, Durchführung von 2 Kosmonautenfesten im Haus der Jungen Pioniere, sowie Teilnahme an einer Fernsehsendung. — Dank der Unterstützung durch das Kulturhaus Babelsberg sowie durch den Deutschen Kulturbund verfügt die Fachgruppe derzeit über folgende Arbeitsmöglichkeiten: Volks- und Schulsternwarte in der Bürgerschule Babelsberg: 1 Refraktor 90/1500 auf parall. Montierung 1 b. Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“, Babelsberg: 1 Spiegelteleskop MENISCAS 150/2250 auf parall. Montierung 1 b. 3 transportable Fernrohre: Refraktor 80/1200 und 67/950 auf einf. parall. Montierung, Refraktor 50/340 auf azimutaler Montierung; 1 Astrokamera, 1 Mond- und Planetenkamera, 17 Okulare, 2 fünffache Okularrevolver, 1 Herschel-Sonnenprisma, 2 Feldstecher, 1 Vergrößerungsapparat für Fotoarbeiten, 1 Radio, 80 Modelle und Anschauungsmittel, 3 Bildwerfer und 4000 Dias, 35 Bände Handbibliothek. — Leitung der FG: Arnold Zenkert, Potsdam, Seestr. 17. (Verantwortlich für die Programmgestaltung, die Arbeit im Planetarium, die Herausgabe des Mitteilungsblattes, Zusammenarbeit mit dem KH und dem DKB.) Stellvertreter: Fritz Metschies, (verantwortlich für Verbindung zur Abt. Volksbildung). Jugend-

sternwarte „W. Komarow“: Leiterin Helga Hempel. Volks- und Schulsternwarte in der Bürgel-Schule: Leitungskollektiv Uwe Hasselmann, Lutz Günther, Michael Hübner. — Für die Arbeit im Jahre 1969 wurden folgende Aufgaben gestellt: Der amateurastronomischen Arbeit ist mehr Beachtung zu schenken. Monatlich findet ein Praktikum für Sternfreunde statt. Die Straßen- und Campingastronomie wird verstärkt fortgesetzt. Die bisherige Tätigkeit auf diesem Gebiet hat sehr zufriedenstellende Ergebnisse gezeigt. Die Broschüre über die Sonnenuhren im Bezirk Potsdam wird abgeschlossen. Nach der Beseitigung kleinerer Mängel in der Jugendsternwarte ist der himmelsfotografischen Praxis mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Für die Jugendsternwarte sind in den Sommermonaten öffentliche Beobachtungen mit Kurzvorträgen und astronomische Plauderstunden auf der Terrasse geplant. Der Vorgarten wird durch die Schule Drewitz in Ordnung gebracht. Es ist beabsichtigt, einen kleinen astronomischen Lehrgarten anzulegen. Ab 1969 wird monatlich eine Matinee (Sonntagmorgen im Planetarium) mit einem interessanten Thema durchgeführt.

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 4. Vierteljahr 1968

Refraktor: 50 mm	Rm = Monatsmittel	
Vergrößerung: 30fach	n = Anzahl der Beobachtungen	
Monat	Rm	n
Oktober	68,7	10
November	52,8	8
Dezember	56,3	12

Jahresübersicht 1968

1. Vierteljahr	65,6	38
2. Vierteljahr	70,5	49
3. Vierteljahr	65,0	46
4. Vierteljahr	59,5	30
Jahresmittel	65,2	163

Vergleicht man die Monatsmittel von 1968, so hat der Mai mit $r = 88$ den maximalen Wert und bei den Vierteljahresmitteln das II. mit $r = 70,5$. Das Jahresmittel von 1967 betrug 55,2, von 1968 65,2. Die Aktivität läßt in den beiden letzten Vierteljahren schon wieder langsam nach. Demnach wurde das Maximum im Mai 1968 erreicht.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Zur Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin

Schon mehrfach wurde in dieser Zeitschrift über die aktive und fruchtbringende Arbeit astronomischer Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes in vielen Orten unserer Republik berichtet. Durch Initiative, Einsatzbereitschaft und unermüdete Mitarbeit von jungen und alten Sternfreunden wird in diesen Fachgruppen Anerkennenswertes für unsere schöne Wissenschaft geleistet. Ich denke dabei beispielsweise an die sehr rührigen Fachgruppen in Potsdam, Dresden oder Hartha.

Sicherlich haben auch in Berlin und dessen näherer Umgebung interessierte Amateurastronomen den Wunsch, sich in einem solchen Kollektiv zu betätigen. Es ist bedauerlich, daß in Berlin noch keine Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes besteht.

Ich rufe deshalb alle Berliner Sternfreunde, die an der Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin interessiert sind, zu aktiver Mitarbeit auf. Übermitteln Sie bitte Ihre Bereitschaft schriftlich, möglichst mit Angabe Ihrer fachlichen bzw. autodidaktischen Ausbildung sowie Ihrer beruflichen Tätigkeit, an die Redaktion dieser Zeitschrift.

Ich hoffe, daß dieser Aufruf nicht ungehört bleiben und von vielen Berliner Sternfreunden begrüßt werden wird.

Dietmar Stachowski

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

Westeuropas Nachrichtensatelliten-Pläne Hintergründe, Organisationen, Projekte

H. D. NAUMANN

1. Die Hintergründe der westeuropäischen Nachrichtensatelliten-Projekte

In den letzten Jahren sind westeuropäische Firmen, Institutionen und Vereinigungen in verstärktem Maße mit eigenen Nachrichtensatelliten-Plänen aufgetreten. Diese Tendenz ist an sich verwunderlich, da die westeuropäischen Staaten durch langfristige Verträge am internationalen Konsortium „Intelsat“ beteiligt sind und damit für sie die Bereitstellung von Satellitenkapazität auf ihren Hauptnachrichtenstrecken über den Atlantik gesichert ist.

Es können folgende Hauptaspekte für die westeuropäische Nachrichtensatelliten-Aktivität genannt werden:

1. Nachrichtensatelliten werfen in zunehmendem Maße Gewinn ab. Sie werden damit mehr und mehr Gegenstand internationaler Konkurrenzkämpfe.
2. Nachrichtensatelliten werden zunehmend auch für nationale Zwecke interessant, insbesondere im Zusammenhang mit Verteiler- und Direktempfangsschleifen (siehe Astronomie und Raumfahrt, H. 2, 68, S. 61 ff.).
3. Die von „Intelsat“ zu vergebenden Entwicklungsaufträge gehen vorwiegend an amerikanische Firmen. Trotz 28 % Kostenbeteiligung der europäischen Staaten gehen nur 4 % der Intelsat-Aufträge an europäische Firmen, der Kapitalrückfluß ist zu gering.

4. Es ist auffallend, daß die westeuropäischen Nachrichtensatelliten vorwiegend dafür projektiert sind, zu solchen Staaten und Kontinenten Verbindungen zu schaffen, die entweder durch die amerikanischen Satelliten nicht oder nur unvollkommen erfaßt werden, oder aber die bisher fernmeldetechnisch so gut wie nicht erschlossen sind, wobei der Begriff „fernmeldetechnisch“ im weitesten Sinne des Wortes zu verstehen ist. Das gilt insbesondere für den afrikanischen Kontinent und die vorderasiatischen Staaten.

Durch die westeuropäischen Satellitenpläne können hier nicht nur neue Absatzmärkte für Fernmeldeanlagen, Rundfunk- und Fernsehgeräte und dgl. geschaffen werden, sondern man will sich diese Märkte gleichzeitig gegenüber dem überseeischen Kapital sichern. Damit sind diese Pläne durchaus auch als Ausdruck der sich verschärfenden Konkurrenz auf den internationalen Märkten für Erzeugnisse der elektrotechnischen und elektronischen Industrie anzusehen. Nicht zuletzt dürfte besonders der „Griff nach Afrika“ darüber hinaus auch wesentliche politische Aspekte haben.

Da mit den derzeitigen „Intelsat“-Statuten besonders den afrikanischen Staaten eine Beteiligung an Nachrichtensatelliten kaum ermöglicht wird, sollen die westeuropäischen Pläne eine echte Alternative zu den amerikanischen schaffen.

2. Projekte und Organisationen – eine kurze Übersicht

2.1. Projekt „Olympia“

Westdeutsches Projekt eines Synchronsatelliten für die Übertragung zur Münchner Olympiade 1972. Wir berichteten darüber in Heft 2 1968 (S. 42/43) unserer Zeitschrift, weshalb hier der Hinweis darauf genügen soll.

Inzwischen wurde dieses Projekt jedoch, vor allem aus finanziellen Gründen, abgelehnt, so daß es keinen speziellen westdeutschen Olympia-Satelliten geben wird.

2.2. Projekt „Saros“

Französisches Projekt eines Synchronsatelliten, besonders für Übertragungen nach Indien und Afrika. Der Satellit sollte etwa 120 kg wiegen und in seiner Leistungsfähigkeit etwa die Daten der „Intelsat III“-Satelliten erreichen. Der erste Start war für 1969 mit der „Europa 1“-Rakete geplant. Inzwischen wurde dieses Projekt durch das nachfolgende ersetzt.

2.3. Projekt „Symphonie“

Westdeutsch-französisches Gemeinschaftsprojekt eines Synchronsatelliten, das eine Zusammenfassung der Projekte „Olympia“ und „Saros“ darstellt.

Es ist ein Verteilersatellit, der seinem Charakter nach als reiner Experimentalsatellit anzusehen ist. Nach geglücktem Start soll er Westdeutschland und Frankreich je zur Hälfte zur Verfügung stehen, ohne daß für die Nutzung konkrete Pläne vorhanden sind. Der Start ist für 1970/71 von Französisch-Guayana aus mit einer Eldo-Pas-Rakete vorgesehen.

An Entwicklung und Bau des Satelliten sind westdeutsche und französische Firmen zu gleichen Teilen beteiligt. Im Herbst 1967 erfolgten die Ausschreibungen, wobei sich 2 westdeutsch-französische Firmenkonsortien bildeten, die sich um das Projekt bemühen:

1. „Symcosat“ : AEG-Telefunken, Siemens AG, ERNO-Raumfahrttechnik GmbH, Engines Matars S. A. Sitz in Velizny bei Paris, ein Büro befindet sich in Bonn.

2. „Consortium industriel franco-allemand“: CSF, Nord-Aviation, Sud-Aviation, Thomson-Houtson-Hotchkiss Brand, Société générale anonyme de Télécommunications, Bölkow GmbH, Junkers GmbH.

Die Projektkosten belaufen sich inklusive zweier Bodenstationen auf etwa 500 Mio DM. Es ist beabsichtigt, 3 Satelliten zu bauen, wovon der erste der Boden-erprobung dient, während 2 in eine Erdumlaufbahn gebracht werden sollen. Es ist geplant, den zweiten zu starten, unmittelbar nachdem der erste sein Orbit erreicht und den Betrieb aufgenommen hat. Beide Satelliten sollen dicht nebeneinander platziert werden. Als Standort ist die Synchronposition über 15° w. L. vorgesehen.

„Symphonie“ wird mit 3 Antennen ausgerüstet, mit denen verschiedene Versorgungs- zonen bestrahlt werden können:

Zone 1: Antennenöffnungswinkel 18° . Erreichbar sind Nord- und Südamerika, Afrika, Europa.

Zone 2: Antennenöffnungswinkel 4° . Erreichbar sind Mittelamerika, nördliches Südamerika.

Zone 3: Antennenöffnungswinkel $10,5^{\circ}$. Erreichbar sind Europa, Afrika.

Der Satellit verfügt über zwei 10 W-Sender, die wahlweise auf die Antennen ge- schaltet werden können, wobei entweder die 18° -Antenne oder die $10,5^{\circ}$ - und 4° -Antennen gleichzeitig betrieben werden können. Die 3 Versorgungszonen sind in Abb. 1 dargestellt. Die Masse wird bei 180 kg liegen, die Lebensdauer ist mit etwa 5 Jahren veranschlagt.

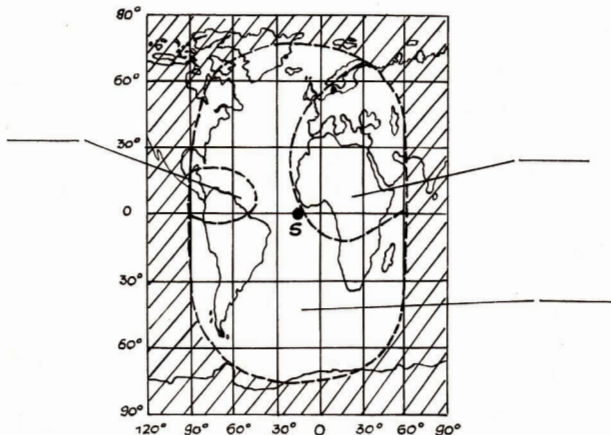


Abb. 1: Die drei Versorgungszonen des westdeutsch-französischen Gemeinschafts- satelliten SYMPHONIE (S = Satellitenposition).

2.4. Projekt „Eurafrica“ (Europa-Satellit)

Mitte Juli 1967 erhielt die ESRO (Europäische Organisation für Weltraumforschung) auf der Europäischen Raumfahrtkonferenz in Rom den Auftrag, für CETS (Europäische Konferenz für Fernmeldesatellitentechnik) einen Vorschlag für einen Satelliten zu erarbeiten, der gegenüber „Symphonie“ einen weiteren verbesserten Typ darstellt. Die Studie wurde im Auftrage von „Eurosace“ (einer 1961 gegründeten Interessenvereinigung europäischer Firmen und Verbände für Raumfahrtstudien) von der Marktforschungsgesellschaft „Metra International“ erarbeitet und unterbreitete folgende Vorschläge: Es wurden 3 geografische Zonen betrachtet:

Zone 1: Europa-Zone (ganz Europa einschließlich Island, Finnland, Griechenland, Bulgarien, Rumänien). Antennenöffnung 4°.

Zone 2: Europa-Zone + Naher Osten + Mittelmeerraum (außer Bereich der Zone 1 Angrenzestaaten des Mittelmeeres, Syrien, Saudi-Arabien). Antennenöffnung 7° × 9°.

Zone 3: Europa-Zone + Naher Osten + Mittelmeerraum + Afrika (Zone 2 + Afrika einschl. Madagaskar). Antennenöffnung 16° × 9°.

Auf Grund der Bereitstellungstermine der ELDO-Rakete, ihrer begrenzten Leistungsfähigkeit sowie der möglichen Entwicklungstermine wurden folgende Satellitenvarianten vorgeschlagen:

Variante 1: Satellit mit 170 kg Masse, 2 Empfänger-Sender-Systemen, 10 W Sendeleistung und einer Kapazität von 600 Fernsprechanalysen. Bei 500 W Sendeleistung der Bodenstationen ergäben sich für Zone 1 Antennen von 5 bis 6 m Durchmesser und für Zone 2 12 m-Antennen. Zone 3 benötigte 18 m-Antennen. Termin für einen Versuchssatelliten wäre 1971.

Variante 2: Satellit mit 20 W Sendeleistung und doppelter Kapazität. Bereitstellungstermin 1972.

Variante 3: Satellit für Direktempfang. Bereitstellungstermin 1974...75.

Gleichzeitig wurde mit „Eurosac“ eine internationale Organisation vorgeschlagen, die alle mit dem europäischen Nachrichtensatelliten zusammenhängenden Probleme studieren und bearbeiten und später als Finanzier und Träger des Unternehmens auftreten soll (europäische Gegenorganisation zu Comsat!).

Aus diesem Studienvorschlag sind bisher 2 Satellitenprojekte abgeleitet worden. Das erste hat inzwischen den offiziellen Namen „Eurafrica“ erhalten. Es handelt sich um einen reinen Fernsehsatelliten, der streng den Forderungen der UER entspricht. Seine Sendeleistung soll die von „Symphonie“ übertreffen. Die Finanzierung sollen die Mitgliedstaaten der ESRO übernehmen. „Eurafrica“ soll etwa 1974 einsatzreif sein. Wie „Symphonie“ ist er ein Experimentalsatellit, dessen Masse bei 180 kg liegen soll. Er soll jedoch nur 2 Antennen haben, die folgende Zonen bestrahlen:

Zone 1: Antennenöffnung 12°. Bestrahltes Gebiet: Afrika.

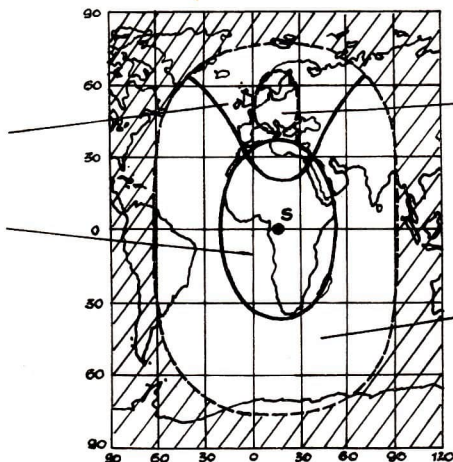
Zone 2: Antennenöffnung 7°. Bestrahltes Gebiet: Nordafrika, Mittelmeerraum, Europa.

Die beiden Versorgungszonen zeigt Abb. 2. Stationiert werden soll der Satellit bei 12° ö. L. in einer Synchronposition.

2.5. Projekt „Geovision“

Als Nachfolgeprojekt von „Eurafrica“ ist der Satellit „Geovision“, der gleichzeitig der erste westeuropäische Einsatzsatellit sein soll, geplant. Sein Start soll etwa

1976/77 erfolgen. Interessant ist, daß er neben einer 18°-Antenne eine zweite von nur 2° Öffnungswinkel besitzen wird, mit der kleine Territorien von etwa 1500 km × 2000 km Ausdehnung ausgeleuchtet werden können. Diese Antenne soll schwenkbar sein, wobei ihr Schwenkbereich innerhalb der Versorgungszone der 18°-Antenne liegt. Durch die 2°-Antenne wird am Boden eine so hohe Leistungsdichte erzeugt, daß man nur noch 2 m-Antennen zum Empfang benötigt. Der Satellit — obwohl selbst noch nicht für Direktempfang vorgesehen — stellt damit eine unmittelbare Vorstufe für einen Direktempfangssatelliten dar, mit dessen Einsatz man etwa 1978 rechnet.



**Abb. 2: Versorgungs-
zonen der
Satellitenprojekte
„Eurafrica“ (aus-
gezogene Linien)
und „GeoVision“
(gestrichelte Li-
nien)**

3. Schlußbemerkungen

Die westeuropäischen Satellitenprojekte sind sämtlich auf die ELDO-Rakete „Europa“ zugeschnitten. Damit aber unterliegen sie von vornherein einer Massebeschränkung von maximal 180 kg. Man ist sich darüber im klaren, daß damit der erhoffte Anschluß an die sowjetischen und amerikanischen Nachrichtensatelliten nicht erzielt wird. Zum anderen ist derzeit die Weiterentwicklung dieser Rakete in Frage gestellt und damit auch die Realisierung der genannten Satellitenpläne.

Ein anderer Tatbestand aber bedarf noch der Erwähnung. Sämtliche Synchronsatelliten befinden sich in der Äquatorebene. Ihre Position wird vom beabsichtigten Versorgungsbereich bestimmt. Unter Berücksichtigung der Verteilung der Kontinente auf dem Erdball ergeben sich gewisse Vorzugsbereiche für die Positionierung

stationärer Nachrichtensatelliten, die über dem Pazifik und dem Atlantik (zwischen der südamerikanischen und afrikanischen Küste) liegen. Die Realisierung aller heute bekannten Projekte wird im Zeitraum 1971...75 dazu führen, daß besonders über dem Atlantik eine so hohe Dichte von Nachrichtensatelliten erreicht wird, daß gegenseitige Störungen nur mit hohem Aufwand vermeidbar sind. Vor allem wird von der Möglichkeit, am Boden mit einfacheren Anlagen und kleineren Antennen arbeiten zu können, kein Gebrauch gemacht werden können. Die dicht beieinander stehenden Satelliten verlangen, zumal sie in gleichen, international festgelegten Frequenzbereichen arbeiten, daß die vom Boden zum Satelliten gesendeten Signale eng gebündelt sind, so daß sie jeweils nur den betreffenden Satelliten erreichen, d.h. aber: Größere Bodenantennen als bisher mit noch höherer Genauigkeit der Ausrichtung. Dieser Tatbestand muß zu denken geben und sollte Anlaß zu einer internationalen Regelung sein, die nur ein Satellitensystem zum Ziel hat. Die gegenwärtigen Entwicklungstendenzen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, daß sich all diese Projekte durch Entartung ihres Umfanges eines Tages selbst zu-nichte machen.

Literatur:

Jä.: Eurosat = zukünftige Organisation europäischer Nachrichtensatellitensysteme? Funktechnik, 23 (1968) 2, S. 43. — K. T.: Eurosat, Funkschau, 40 (1968) 12, S. 969. — O. V.: Europa baut Satelliten für das Fernsehen. Funkschau, 40 (1968) 9, S. 277-279. — O. V.: Europäischer Fernmeldesatellit. Funktechnik, 23 (1968) 7, S. 234.

Eurospace tagte

Im sommerlichen München trafen sich 1968 amerikanische und westeuropäische Weltraumexperten — Ingenieure, Ökonomen und Wissenschaftler, alles Spezialisten von Ruf. Auch die Bonner und Münchener Prominenz fehlte nicht; drei Bundesminister — Stoltenberg, Dollinger und Carlo Schmid —, fünf bayrische Staatsminister, vier bayrische Staatssekretäre und ein Bonner Staatssekretär — Herr Dr. von Dohnanyi, der junge Mann von Wirtschaftsminister Schiller — standen auf der Teilnehmerliste.

Natürlich kam man nicht zusammen, um auf einer Cocktail-Party oder bei bayrischem Bier kollegial zu plaudern. Eurospace, die Organisation der Raumfahrt-industrie aus 13 europäischen Ländern, hatte diese Tagung als „III. Raumfahrt-Konferenz USA-Europa“ einberufen. Es ging um harte Fakten.

Der schmutzige Krieg in Vietnam kostet den Amerikanern soviel, daß sie ihre Weltraumprogramme für die nächste Zeit um 20 Prozent, konkret: um 4,8 Milliarden DM, kürzen mußten. Nun will die USA-Raumfahrtindustrie die Westeuropäer zu großen Raumfahrtprojekten animieren, die nach Lage der Dinge nur mit amerikanischem Know how und entsprechenden Zulieferungen aus den USA verwirklicht werden können. In Westeuropa sehen die großen amerikanischen Raketen- und Elektronikbosse ihr neues Betätigungsfeld.

Die westeuropäischen Raumfahrtsindustriellen wollen auch verdienen, aber sie wollen am amerikanischen Know how nur solange gegen harte Münze partizipieren, bis sie auf eigenen Füßen stehen können. Sie möchten am lukrativen Geschäft mit den Nachrichtensatelliten beteiligt werden; dieses Feld wollen sie den Amerikanern nicht kampfflos überlassen.

Um mit den amerikanischen Großkonzernen konkurrieren zu können, muß die Zersplitterung der Raketen- und Elektronikindustrie in den einzelnen westeuropäischen Ländern überwunden werden. Größere und leistungsfähigere Zusammenschlüsse müssen entstehen. Auch muß die Zweiteilung der internationalen Zusammenarbeit in die beiden Organisationen ELDO und ESRO — die eine, ELDO, baut nur Raketen, die andere befaßt sich nur mit Satelliten — beseitigt werden, damit zweckmäßiger und billiger produziert werden kann.

Immer noch scheuen die westeuropäischen Parlamentarier vor großzügigen Mittelbewilligungen für Raumfahrtprogramme zurück. Sie sind nicht „space minded“, wie das neue Schlagwort heißt, und reflektieren damit eine weit verbreitete ablehnende Haltung ihrer Wähler; Raumfahrtprestige ist für sie kein Argument.

Die in der Eurospace vertretenen 13 Länder geben nur 0,05 Prozent ihres Brutto-sozialprodukts für die Weltraumforschung und -technik aus, während die Amerikaner 16mal soviel bereitstellen. Die britische Regierung zieht sich aus der ELDO zurück; die Sache ist ihr zu kostspielig. Im geheimen, so hörte man es in München, wollen die Engländer ihre Raketen- und Elektronikkapazität mit den Amerikanern poolen.

Das muß anders werden, und die Werbetrommel wird in Zukunft stärker als bisher gerührt. Das Schlagwort von der „technologischen Lücke“ zwischen den USA und Westeuropa, die schnell geschlossen werden muß, wenn Westeuropa nicht an den Bettelstab gelangen will, wird bestimmt in der nächsten Zeit heftig strapaziert werden. Jean-Jacques Servan-Schreiber wird dabei ihr Kronzeuge sein; er schrieb nämlich in seinem Bestseller „Die amerikanische Herausforderung“, daß auf dem Gebiet der Weltraumtechnik in einiger Zeit „die verschiedenen Länder (West-) Europas nicht anders können, als einfach und ohne Umschweife die amerikanischen Angebote für Unteraufträge zu akzeptieren.“

In München wurde viel von Zusammenarbeit zwischen den USA und Westeuropa gesprochen. In der Tat: sie ist vorhanden. Auf der Industrie-Seite gibt es zwischen einzelnen Firmen Kapitalbeteiligungen, Kooperations- und Konsortialverträge, Lizenzvereinbarungen und Beratungsabkommen. Amerikanische Ingenieure kommen nach Europa, und ihre europäischen Kollegen reisen in die USA. .

Daß es dabei auch Pannen gibt, war dem Bericht Ludwig Bölkows, des Chefmanagers des neuen Luft- und Raumfahrtkonzerns „Bölkow-Messerschmitt“ zu entnehmen. Er berichtete von amerikanischen Geräteelieferungen in minderer Qualität und davon, daß Mitarbeiter wegen Ersatzteilen, die man in einem Luftpostpäckchen oder in einem Doppelbrief hätte schicken können, nach den USA geflogen sind, um diese Teile selbst zu holen, da sonst die in den Programmen gestellten Termine zusammenzubrechen drohten.

Auch zwischen den wissenschaftlichen Institutionen scheint es einigermaßen zu klappen. Die amerikanische NASA führte für die Franzosen, Italiener, Engländer und Westdeutschen verschiedene Dienstleistungen, z. B. Raketenstarts, durch. Anfangs beförderte die NASA die Satelliten der Westeuropäer gratis auf die Umlaufbahn. Heute verlangt sie 4 Millionen Dollar für einen Start und gibt keine Garantie dafür, daß er auch gelingt. Dennoch ist der Preis billig, denn die NASA berechnet nur ihre Unkosten und läßt die Amortisation für ihre Startanlagen nicht in ihre Preiskalkulation mit einfließen.

Trotzdem bleibt der Eindruck bestehen, daß einer den anderen belauert, um selbst möglichst viel Profit herauszuschlagen. Einem on dit zufolge soll z. B. eine namhafte USA-Firma es abgelehnt haben, mit anderen Firmen bei einem Nachrichtensatelliten-Projekt zusammenzuarbeiten, weil sie fürchtete, daß ihre Patente

und Schutzrechte von den Partnern „ausgeschlachtet“ und weiterentwickelt werden. Die Firma kennt offenbar ihre Pappenheimer diesseits und jenseits des Atlantik!

Wissenschaftsminister Stoltenberg bemühte sich redlich, den festgefahrenen Wagen der westeuropäischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung wieder flott zu machen. Er forderte im einzelnen:

die organisatorische Verschmelzung der beiden Weltraumorganisationen ELDO und ESRO; eine lose Koordinierung der Programme der beiden Organisationen genügt nicht mehr; in diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß Bölkow harte Worte für den ELDO- und ESRO-Bürokratismus fand und sich über das Taziehen in beiden Organisationen beklagte, wenn es um die Vergabe von Projektierungs- und Entwicklungsarbeiten geht — jeder will natürlich den fettesten Happen haben!

die verstärkte Hinwendung zum Bau von Satelliten für Nachrichten- und Fernsehsatelliten;

den Bau leistungsfähigerer Raketen, die in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre zur Verfügung stehen müssen;

die Erhöhung der Mittel für Weltraumforschung und -technik, die 1,2 Milliarden DM, die gegenwärtig von den westeuropäischen Regierungen für die Aktivität auf diesem Gebiet zur Verfügung gestellt werden, müssen in den kommenden Jahren kontinuierlich um zehn Prozent erhöht werden.

Stoltenberg fand mit seinen Forderungen den ungeteilten Beifall der Eurospace-Mitglieder. Zugleich wurde deutlich, mit welchen Ansprüchen Bonn im Herbst auf der Tagung der zwölf westeuropäischen Wissenschaftsminister auftreten wird. Auch ist anzunehmen, daß Bonn im kommenden Jahr in Washington hart verhandeln wird, wenn es darum geht, der Intelsat, dem von den USA majorisierten Gemeinschaftsunternehmen von 62 Staaten zum Betrieb von Nachrichtensatelliten, eine neue vertraglich vereinbarte Rechtsgrundlage zu geben.

Tonnenschwere Satelliten zur Übermittlung von Telefonaten, Fernschreiben und Fernsehsendungen über Ozeane und Kontinente hinweg — das verspricht für die Zukunft das große Geschäft für die Raketen- und Elektronik-Konzerne zu werden. Dazu kommen noch die Sende- und Empfangsanlagen auf dem Boden; bis Mitte der siebziger Jahre müssen noch etwa 60 derartige Anlagen gebaut werden, und jede ist mit allem Drum und Dran ein Objekt von etwa 15 Millionen DM.

Dieses Geschäft will man nicht den Amerikanern allein überlassen. Noch braucht man die Amerikaner, aber eines Tages will man selbst die Profite einsacken. Auf diesen Tag zielte Stoltenberg. Hinter der Hand wurde in München schon davon gesprochen, daß man der amerikanischen Intelsat eine Eurosat, eine Europa-Organisation für Nachrichtensatelliten-Systeme, gegenüberstellen müßte; Ansatzpunkt für Eurosat könnte das von Frankreich und Westdeutschland mit belgischer Beteiligung geplante Projekt des Telefon- und Fernseh-Satelliten „Symphonie“ sein.

Im August tagten in der Wiener Hofburg 2000 Weltraum-Experten aus nahezu 70 Ländern. Die UNO hatte diese Tagung einberufen. Es ging vorwiegend um wissenschaftliche Themen. München enthüllte etwas von den ökonomischen Problemen der Raumfahrt und -forschung in Westeuropa, die sich rasch in politische Fragestellungen umsetzen.

astronauticus

Das sowjetische Nachrichtensatelliten-System „Molnija“

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Am 23. April 1965 und am 14. Oktober 1965 wurden die ersten Nachrichtensatelliten vom Typ „Molnija“ gestartet. Sie haben bei 65° Bahnneigung zum Äquator Umlaufzeiten von knapp 12 Stunden und Flughöhen zwischen 500 und fast 40 000 km. Der irdferne Bahnteil fliegt über der nördlichen Halbkugel.

Bodenstationen

Alma Ata	Krasnojarsk
Archangelsk	Mogadan
Aschchabad	Moskau
Baikonur	Murmansk
Bratsk	Norilsk
Chabarowsk	Nowosibirsk
Frunse	Petropawlowsk Kamtschatka
Irkutsk	Surgut
Jakutsk	Syktjwkar
Jushno-Sachalinsk	Taschita
Kemerowo	Ulan Ude
Komsomolsk/Amur	Wladiwostok

Mit einer ständigen Erweiterung des Stationsnetzes ist zu rechnen.

Das amerikanische INTELSAT-Nachrichtensatelliten-System

63 Mitglieder: Algerien, Argentinien, Äthiopien, Australien, Belgien, Brasilien, Ceylon, Chile, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Indien, Indonesien, Iran, Irak, Irland, Israel, Italien, Japan, Jemen, Jordanien, Kanada, Kenia, Kolumbien, Kuwait, Libanon, Libyen, Liechtenstein, Malaysia, Marokko, Mexiko, Monaco, Niederlande, Neuseeland, Nigeria, Norwegen, Österreich, Pakistan, Panama, Peru, Philippinen, Portugal, Saudi-Arabien, Schweden, Schweiz, Singapur, Spanien, Südafrika, Südkorea, Sudan, Syrien, Taiwan, Tansania, Thailand, Tunesien, Türkei, Uganda, USA, VAR, Vatikan-Stadt, Venezuela, Westdeutschland.

In Betrieb befindliche Satelliten auf Umlaufbahnen
in rund 36000 km Höhe über dem Äquator

Name	Ort	Start
Early Bird	25° westl. L.	6. 4. 1965
Intelsat II	174° östl. L.	11. 1. 1967
Intelsat II	6° westl. L.	22. 3. 1967
Intelsat II	176° östl. L.	27. 9. 1967
Intelsat III	Atlantik	1969
Intelsat III	Pazifik	1969

Bodenstationen			Land	Ort	Betriebsbereit
			Kuweit		1969
			Libanon		1970
Algerien		1972	Malaysia		1969
Argentinien		1969	Marokko		1969
Äthiopien		1970	Mexiko	Tulancino	1968
Australien	1. Carnarvon (nördlich Perth)	1967		(bei Mexiko City)	
	2. Moree	1968	Neuseeland		1970
	(nördlich Sidney)		Nigeria		1969/70
	3. Cediona (Südastralien)	1969	Pakistan	1. Ost-Pakistan	1970
				2. West-Pakistan	1970
Bahrain		1969	Panama	Utibe	1968
Brasilien		1969		(nördlich Panama)	
Ceylon		1970	Peru		1969
Chile	Longovilo (südlich Santiago de Chile)	1968	Philippinen	Tanay	1967
				(östlich Manila)	
Ekuador		1969/70	Sambia		1971
Elfenbeinküste		1969/70	Saudi-Arabien		1970
Frankreich	1. Pleumeur-Bodou I (Bretagne)	1965	Schweden		1971
	2. Pleumeur-Bodou II	1969	Schweiz		1972
			Senegal		1969/70
Griechenland		1970	Singapur		1970
Großbritannien	1. Goonhilly Downs I (Cornwall)	1965	Spanien	1. Kanarische Inseln	1967
	2. Goonhilly Downs II	1969		2. Buitrago I (nördlich Madrid)	1968
	3. Ascension Island (Südatlantik)	1967		3. Buitrago II	1970
			Sudan		1970
Hongkong	1. Hongkong I	1969	Südkorea		1970
	2. Hongkong II	1970	Südvietnam		1969
Indien		1969	Taiwan		1969
Indonesien	1. Djatiluhur I	1969	Thailand	Sri Racha	1968
	2. Djatiluhur II	1971		(bei Bangkok)	
Iran		1970	Türkei		1972
Israel		1972	USA	1. Andover (Maine)	1965
Italien	1. Fucino (östlich Rom)	1965		2. Brewster Flat (Washington)	1966
	2.	1969		3. Paumalu (Hawaii)	1966
Jamaika		1970		4. Etam (West-Virginia)	1968
Japan	1. Ibaraki (nördlich Tokio)	1968		5. Cayey (Puerto Rico)	1968
	2. Yamaguchi	1969/70		6. Jamesburg (Kalifornien)	1968
Jordanien		1970			
Kamerun		1970	VAR		1971
Kanada	1. Mill Village I (Neuschottland)	1966	Venezuela		1969/70
	2. Mill Village II	1969	West-deutschland	1. Raisting I	1963
Kenia		1970		(südwestl. München)	
Kolumbien		1970		2. Raisting II	1969

Zahl der Bodenstationen des INTELSAT-Systems 1965–1972

1965	5 Stationen in 5 Ländern	1969	40 Stationen in 25 Ländern
1966	8 Stationen in 6 Ländern	1970	64 Stationen in 44 Ländern
1967	12 Stationen in 9 Ländern	1971	68 Stationen in 47 Ländern
1968	22 Stationen in 14 Ländern	1972	72 Stationen in 51 Ländern

Die Projektierung reicht nur bis 1972. Offenbar wird damit gerechnet, daß nach diesem Zeitpunkt möglicherweise neue Übertragungstechnologien zur Anwendung kommen.

Quasistellares Objekt mit „jet“ oder Stern mit Galaxie?

Bei $\alpha = 13^{\text{h}}42^{\text{m}}6^{\text{s}}$ und $\delta = +28^{\circ}52'$ fand Prof. Richter (Tautenburg) ein sternförmiges Objekt, aus dessen Zentrum ein geradliniger, leuchtender, schmaler Schweif zu kommen scheint. Für dieses Objekt könnte man an zwei Erklärungsmöglichkeiten denken:

1. Es handelt sich um ein quasistellares Objekt mit einem jet (Auswurf). In diesem Fall gehören das sternartige Objekt und der geradlinige Schweif organisch zusammen.
2. Das sternförmige Objekt ist ein Stern unseres Milchstraßensystems, der zufällig auf eine weitentfernte Galaxie projiziert wird. Die Galaxie sehen wir genau von der Seite, deshalb nur so schmal.

Was kann man bereits über die Gültigkeit einer der beiden Möglichkeiten sagen? Die Photometrie des sternartigen Objekts ergab:

$$\begin{aligned}V &= 13, \text{m}48 \\B - V &= +0 \quad 61 \\U - B &= 0 \quad 33.\end{aligned}$$

Das spricht gegen ein quasistellares Objekt, denn diese haben im allgemeinen negative (U-B)-Werte. Die obigen Daten würden eher für einen Stern der Spektralklasse G_0 sprechen.

Auf Aufnahmen im roten Spektralbereich ist der schmale Schweif gut zu erkennen, genauso wie einige schwache Galaxien in der Nähe des interessierenden Objektes deutlich zu sehen sind. Auf den Aufnahmen im blauen Spektralbereich fehlen die erwähnten Galaxien, obwohl beide Aufnahmen die gleiche Reichweite zeigen. Die Galaxien waren im Roten auf Grund der bei ihnen vorhandenen Rotverschiebung deutlich da. Auf den Blauaufnahmen, wo sie fehlen, ist der erwähnte Schweif zu erkennen. Diese Tatsache könnte gegen die Annahme, die schmale Schwärzung käme von einer Galaxie, sprechen.

Um die Frage zu entscheiden, sind weitere Beobachtungen notwendig.

Nach N. Richter, Mitteilungen Tautenburg, Nr. 37/1968.

Mit Hilfe sehr weitreichender Aufnahmen mit der Tautenburger Schmidt-Kamera, von denen 10 Einzelaufnahmen zur Senkung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses übereinander kopiert wurden, konnte die obige Frage wohl entschieden werden.

Es scheint sich danach um einen Stern unserer Galaxis zu handeln, der zufällig fast in genau der gleichen Richtung wie eine weitentfernte Galaxie steht. Diese Lösung war ja auch schon von Prof. Richter, dem Entdecker des Objektes, als eine mögliche angenommen worden.

Nach W. Bronkalla: Stern plus Galaxie, Monatsberichte der DAW, Berlin, Bd. 10, Heft 8, S. 580, 1968

Neue Bücher

Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen

Die zweite Auflage dieses nützlichen Buches ist erschienen. Vom Inhalt her etwas erweitert und mit auf den neuesten Stand gebrachtem Zahlenmaterial gibt es dem schon arbeitenden Liebhaberastronomen wie jenen, die erst vorhaben, sich in ihrer Freizeit mit Astronomie zu beschäftigen, eine sehr gute Anleitung und Hilfe. Besonders im einleitenden Artikel (Das Fernrohr des Liebhaberastronomen) sind viele Hinweise für die Anschaffung einer zur Beobachtung notwendigen Ausrüstung gegeben. Man findet darin auch eine Übersicht über die optischen Eigenschaften, das Leistungsvermögen und die Anwendungsmöglichkeiten der in der DDR zu erwerbenden astronomischen Fernrohre, die für den Amateurastronomen in Frage kommen. Der Anwendungsbereich der Beobachtungsinstrumente vergrößert sich durch die Verwendung von Zusatzeinrichtungen, auf die ebenfalls kurz eingegangen wird. In einer Liste ist für den Leser übersichtlich zusammengestellt, was er mit seinen optischen Instrumenten am Sternenhimmel beobachten kann. Er findet dort u. a. die Koordinaten von Sternhaufen, diffusen und planetarischen Nebeln, von gut trennbaren Doppelsternen die Helligkeiten, Spektralklassen und relativen Positionen, Daten über 195 extragalaktische Nebel und ein Fixsternverzeichnis, das Position, Spektraltyp, jährliche Eigenbewegung, mittlere Radialgeschwindigkeit und absolute Helligkeit angibt. Auch der Liebhaberastronom, der selbst astronomische Rechnungen durchführen will, findet gute Hilfsmittel. So erleichtern die Tabellen des Buches die Verwindung von mittlerer Sonnenzeit in mittlere Sternzeit und umgekehrt und die Umrechnung von Gradmaß in Zeitmaß. Es enthält weiter Angaben über die Präzession in beiden Koordinaten des äquatorialen Systems, über die mittlere Refraktion und die mittlere Extinktion. Zusammenfassend kann man sagen, daß das Buch für jeden Amateur wertvoll ist.

Dr. Paul Ahnert: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen

Zweite, erweiterte und revidierte Auflage, Johann Ambrosius Barth-Verlag, Leipzig 1968.
128 Seiten mit Hilfstafeln, Sternkarten und 24 Abbildungen. Kartoniert 4,- M.

Astronomie und Raumfahrt



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

Seite

Neuere Ansichten über die Natur des Zodiakallichtes Prof. Dr. <i>Johannes Hoppe</i>	33
--	----

Der zehnte Satellit des Saturn · Dr. <i>Siegfried Marx</i>	39
--	----

Mondvulkanismus und Perlstein — Ursachen der Tektiteschauer <i>Johannes Classen</i>	41
--	----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Tätigkeitsberichte 1968 der Fachgruppen des Bezirksfachausschusses Dresden (FG Dresden, FG Radeberg, FG Sohland, FG Zittau, FG Jonsdorf)	45
---	----

Bildseiten	47–50
-------------------------	-------

Aus der Literatur

Jenaer Rundschau 6/1968	51
-------------------------------	----

OH-Emissionsquellen — Radarmessungen an der Venus	3. Umschlagseite
---	------------------

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Über die Weltraumaktivität Japans	53
---	----

Zur Strahlenexposition bei Orbitalflügen · <i>Hans Swart</i>	58
--	----

Möglichkeiten und Grenzen der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Rake- tentechnik · <i>W. Strubell</i>	62
--	----

Zweite Antenne für Raisting · <i>H. D. Naumann</i>	64
--	----

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit
Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pflaß (Chefredakteur); Prof. Dr.
Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; MR Dr. Karl Sigmund; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke;
Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raum-
fahrt“ erscheint 1969 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft
1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates
der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle
(Saale), Geiststraße 22.

Neuere Ansichten über die Natur des Zodiakallichtes

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE

Zusammenfassung:

Im Anschluß an eine Untersuchung über das Zodiakallicht auf Grund lichtelektrischer Messungen von DUMONT und MARTINEZ werden einige allgemeine Bemerkungen zu diesem Problemkreis gemacht. Die Autoren bestätigen die heute allgemein vertretene Ansicht, daß die Erscheinung des Zodiakallichtes überwiegend von einer abgeflachten, zirkumsolaren Staubwolke hervorgerufen wird, deren Hauptebene nahe mit der LAPLACESchen invariablen Ebene unseres Planetensystems übereinstimmt und keine Beziehung zur Ebene des Sonnenäquators zeigt. Eine zweite geozentrische Staubwolke kann auf Grund der erhaltenen Meßwerte nicht ganz ausgeschlossen werden, wenn diese sich in einem Abstände von mehr als 20 Erdradien befindet.

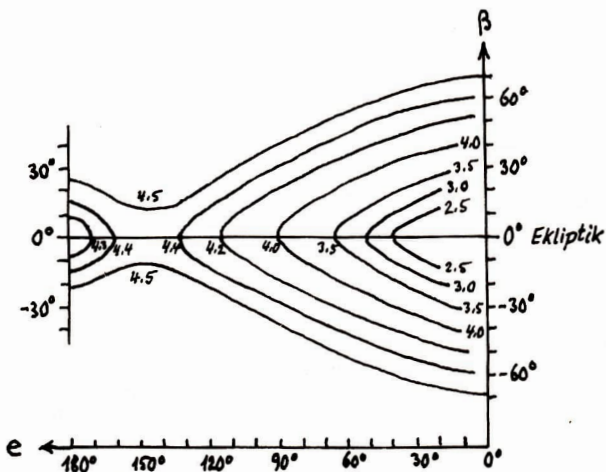
Das Zodiakallicht ist eine jener Naturerscheinungen, die den meisten Menschen unbekannt sein dürfte. Zum mindesten gilt dies für die Bewohner der Gebiete mittlerer und hoher geographischer Breiten. Der Grund dafür liegt in der geringen Flächenhelligkeit dieser Erscheinung, sowie darin, daß man das Zodiakallicht nur dann leicht beobachten kann, wenn es sich steil vom Horizont aus erhebt. Dies ist in unseren Breiten im Frühjahr am westlichen Abendhimmel, im Herbst am östlichen Morgenhimmel der Fall. Schließlich bedingt die geringe Helligkeit, daß man es nur mit dunkeladaptierten Augen sehen kann, wenn keine störenden Lichtquellen in der Nähe sind. Selbst die nautische Dämmerung erschwert die Wahrnehmbarkeit ebenso, wie das atmosphärische Streulicht des Mondes.

Zur Beschreibung der Gesamterscheinung des Zodiakallichtes, das sich längs der Ekliptik (Tierkreis = Zodiakus) hinzieht, geht man am einfachsten von der Symmetrielinie Sonne (Elongation = 0°) – Gegenort der Sonne (Elongation = 180°) aus, an dem sich der sogenannte Gegenschein befindet, der sich als ovaler Lichtschein mit einer Erstreckung von 40° längs des Tierkreises und einer Breite von etwa 30° senkrecht zur Ekliptik von der allgemeinen Untergrundhelligkeit des Himmels abhebt.

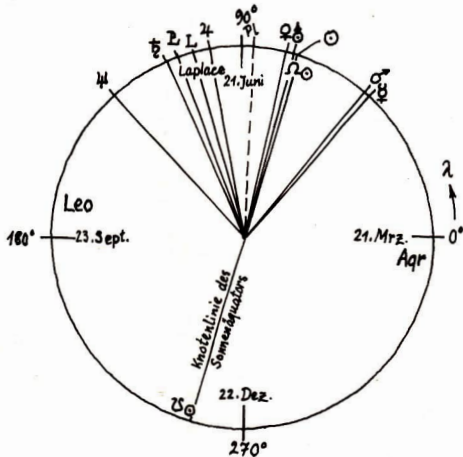
Im Elongationsbereich 130 bis 155° ist die Breite der Erhellung am geringsten, so daß die Bezeichnung Lichtbrücke verständlich wird. Zu kleineren Elongationswinkeln hin gewinnt die flächenhafte Erhellung wieder an Breite, wobei schließlich in einem Winkelabstand von der Sonne von 20° die Erstreckung senkrecht zur Ekliptik von etwa 60° erreicht wird (Abb. 1).

Photometrische Messungen der Helligkeitsverteilung des Zodiakallichtes wurden bis ins erste Drittel des 20. Jahrhunderts überwiegend visuell [1], seit der Herstellung lichtstarker optischer Systeme bevorzugt photographisch [2] und mit der Erfindung des Elektronenvervielfachers nur noch lichtelektrisch [3] durchgeführt. Die Empfindlichkeit und Reichweite moderner Multiplier ermöglicht auch die Messung der Polarisation des Zodiakallichtes [4].

Neuerdings ist von einem Kollektiv von Wissenschaftlern der Observatorien in Bordeaux und Teide (Teneriffa) eine Untersuchung des Zodiakallichtes durchgeführt worden [5], die zu weiteren Gedanken über diese Erscheinung anregt. In der Untersuchung geht es den Autoren vor allem um die Klärung der Frage der räumlichen Anordnung der das Tierkreislicht hervorrufoenden Staubmassen. Es werden also hier



Oben: Abb. 1
Isophoten des
Zodiakallichtes in
Sterngrößen /
Quadratgrad



Rechts: Abb. 2
Verteilung der
aufsteigenden
Knoten der
Planetenbahnen
und die Lage der
Ebene des Sonnen-
äquators (☉), so-
wie der Laplace's-
chen Ebenen der
Großen Planeten
(L) und der Pla-
netoiden (Pl).

die heliozentrische und geozentrische Zodiakallichttheorie gegenübergestellt. Gleichzeitig werden auch die beiden Möglichkeiten der Orientierung der Hauptebene des Zodiakallichtkörpers diskutiert: ob seine Symmetrieebene mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt oder sich der LAPLACE'schen Ebene des Planetensystems bzw. der Ekliptik annähert.

Gerade diese Frage läßt sich am günstigsten dann entscheiden, wenn die Erde sich nahe der Ebene des Sonnenäquators befindet. Dies ist in der ersten Dekade des Juni und zu Anfang Dezember, also nahe dem Sommer- und Wintersolstitium, der Fall (Abb. 2).

Der Kreis der Abb. 2 zeigt die Ekliptik der Sternsphäre, deren 4 Hauptpunkte bei der ekliptikalen Länge $\lambda = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ und 270° von der Sonne zu den im Innenfeld des Kreises angegebenen Zeitpunkten erreicht werden. Angegeben sind ferner die Schnittpunkte, in denen die Bahnebenen der großen Planeten die Ekliptik so schneiden, daß sie von der südlichen Hemisphäre in die nördliche weisen (aufsteigender Knoten). Schließlich geben die Orte $\odot$, L und Pl die aufsteigenden Knoten der Ebene des Sonnenäquators, der LAPLACEschen unveränderlichen Ebene des Systems der großen Planeten, sowie der entsprechenden Ebene des Systems der Planetoiden [6].

Kosmogonisch bemerkenswert ist, daß die Orientierung der im Sinne wachsender λ -Werte durchlaufenen Bahnebenen der Hauptkörper unseres Planetensystems entsprechend der Sonnenäquatorebene verläuft und die genannten Schnittpunkte mit der Ekliptik sämtlich innerhalb eines Sektors von $83,5^\circ$ Öffnungswinkel liegen.

Die Lage des optischen Hauptkörpers des Zodiakallichtes in bezug auf die Ekliptik bzw. die Ebene des Sonnenäquators – und somit die räumliche Lage der Hauptebene der reflektierenden Staubwolke – wird am genauesten in den Elongationen $e = \pm 90^\circ$ erfaßbar sein. Man muß also im Juni das Abendlicht in Richtung des Sternbildes Löwe (Leo) und das Morgenlicht im Wassermann (Aqr) beobachten. In unseren Breiten wäre dies ergebnislos; auf Teneriffa liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger.

Zur Zeit der Solstitien befindet sich die Erde nahe der Hauptebene der Zodiakallichtwolke, gleichgültig nach welcher der vorhin genannten Ebenen sie orientiert ist. In den Elongationen von $\pm 90^\circ$ kann man die Neigung der Zodiakallicht-Hauptebene direkt als ekliptikale Breite der „Spitze“ der beiden Hauptlichter ermitteln.

Beobachtet wurde im Teide-Observatorium mit Hilfe eines lichtelektrischen Photometers, dessen maximale Empfindlichkeit durch Interferenzfilter mit der Bandbreite von $240 \text{ \AA}$ bei $\lambda = 5020 \text{ \AA}$ lag, also nahezu mit der des dunkeladaptierten Auges übereinstimmt ($5100 \text{ \AA}$). Als Beobachtungsinstrument diente das 12-Zoll Cassegrain-Spiegelteleskop ($\varnothing = 30 \text{ cm}$) des Teide-Observatoriums ($f = 535 \text{ cm}$). Die Größe der Meßfläche entsprach im sphärischen Maß $F = 0,02 \square^\circ$ (Quadratgrad), so daß die Einzelsterne bis zur Helligkeitsklasse $+12,5^m$ aus dem Meßfeld ausgeschlossen werden konnten.

Um die Lage der Lichtachse festzustellen, wurden senkrecht zur Ekliptik im Bereich der ekliptikalen Breite von $\beta = \pm 21^\circ$ optische Schnitte gelegt. Insgesamt waren es 22 Schnitte im Sternbild Leo und 13 im Aqr. Ihr mittlerer Winkelabstand von der Sonne ist $87,7^\circ$. Dabei besteht jeder Schnitt aus 15 Meßpunkten.

Zum tieferen Verständnis der Arbeit sei kurz auf die Schwierigkeiten der Reduktion von Zodiakallichtbeobachtungen eingegangen.

Was man mißt, ist die Helligkeit des Nachthimmels, die aus mehreren Komponenten besteht, wobei die Trennung der einzelnen Anteile nur unvollkommen möglich ist. In dem Meßwert (L_m) ist enthalten: (1) die extraterrestrische Leuchtdichte des Zodiakallichtes (L_z), (2) die ebenfalls extraterrestrische Leuchtdichte der

Sternsphäre, die von den nicht auflösbaren Sternen des Hintergrundes herrührt (L_x), in Teide von den Sternen schwächer als $+12,5^m$; (3) das Eigenleuchten der Ionosphäre (Airglow), dem in den Jahren lebhafter Sonnentätigkeit ein Anteil Polarlicht beigemischt sein kann (L_A). Diese 3 Komponenten werden durch die atmosphärische Extinktion geschwächt, sind also, wenn k die Extinktionskonstante und s (ζ) den von der Zenitdistanz ζ abhängigen Weg des Lichtstrahles in der Atmosphäre bezeichnet, mit dem Faktor $e^{-k \cdot s}$ (ζ) zu multiplizieren.

Zu diesem Leuchtdichtebetrag kommt schließlich noch der Anteil der in der Erdatmosphäre gestreuten Strahlung (L_{str}), die, wenn man irdisches Streulicht (nahe Großstadt) meidet, natürlich wieder die drei erstgenannten Komponenten betrifft, zumal die Streufunktion der Erdatmosphäre von der Extinktionskonstante abhängig ist ($f(k)$). Man hat also schließlich die extraterrestrische zodiakale Leuchtdichte

$$L_z = \frac{L_0}{e^{-ks} + f(k)} = L_x + L_A \quad (1)$$

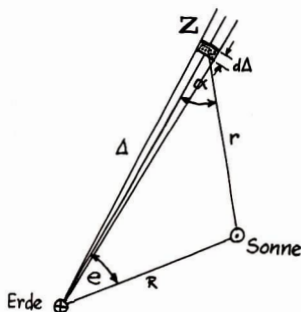
Die Extinktion und die mit ihr zusammenhängende Streufunktion ist verhältnismäßig gut bekannt bzw. kann durch gleichzeitige Helligkeitsmessungen von Standard-Sternen jeweils bestimmt werden. Dagegen sind die Werte L_x und L_A wegen der ungleichförmigen Verteilung der Sterne des nicht auflösbaren Himmelshintergrundes sowie der örtlich verschiedenen und zeitlich veränderlichen Komponente des Airglow weniger sicher zu ermitteln. Zwar könnte die Airglowkomponente bei Messungen von einem extraterrestrischen Standort aus eliminiert werden, die Unsicherheit der L_x -Werte bleibt jedoch auch dann bestehen, wäre allerdings nur noch die letzte Unsicherheit, da die Extinktion und das Streulicht in diesem Falle ebenfalls wegfallen würden.

In den erhaltenen Werten L_z liegen – was von den Autoren vorläufig nicht diskutiert wird – weitere Informationen über den mittleren Teilchendurchmesser (D), die Dichteverteilung der lichtstreuenden Partikel $N(r)$ und die Streufunktion $\varphi(\alpha)$.

Tabelle 1:

	Juni	Dezember	Mittel
Leo	$+1,7^\circ$	$+2,1^\circ$	$+1,9^\circ$
Aqr	$-1,4$	$-1,2$	$-1,3$

Rechts: Abb. 3
Geometrische Verhältnisse zwischen Sonne ($\odot$), Zodiakallichtelement (Z) und Erde ($\oplus$).



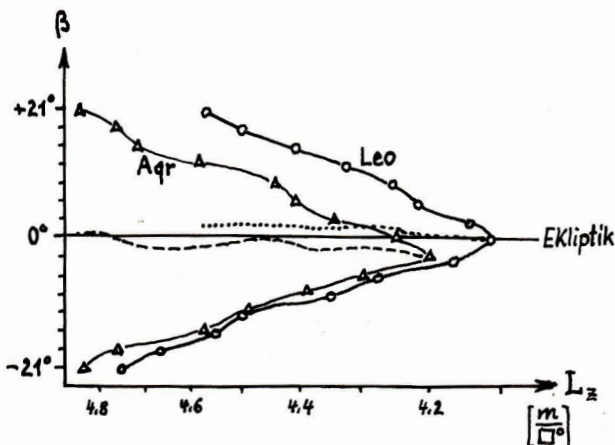


Abb. 4.: Photometrische Profile des Zodiakallichtes im Juni 1966 nach Beobachtungen von Dumont und Martínez zur Bestimmung der Lage der Symmetrieffläche der Zodiakallichtwolke.

Nach Abb. 3 erhält der Beobachter auf der Erde einen bestimmten Bruchteil der in dem Raumelement der Zodiakallichtwolke Z ankommenden Sonnenstrahlung, die unter dem Winkel α gestreut wird. Die Leuchtdichte des Zodiakallichtes in Richtung des Elongationswinkels e ergibt sich dann allgemein zu

$$L_{z,e} = \frac{\text{const.}}{D} \int_0^\infty \frac{q(\alpha) N(r)}{r^2} d\Delta \quad (2)$$

Die reduzierten Werte $L_{z,e}$ ergeben für jedes feste e ein photometrisches Profil. Es darf nicht mit einer Isophote $L_z = \text{const}$ der leuchtenden Zodiakallichtfläche verwechselt werden.

Abb. 4 zeigt das Aussehen des Mittelwertes der Profile im Juni 1966. Die Dezember-Beobachtungen liefern ein entsprechendes mittleres Profil. Man erkennt deutlich die Abweichung der Mittellinie der Profile von der Ekliptik. Tabelle 1 (S. 36) gibt die Juni- und Dezember-Resultate.

Da der Sonnenäquator etwa 7° gegen die Ekliptik geneigt ist, widersprechen die Beobachtungsergebnisse der Annahme einer engeren Zuordnung der Zodiakallichtwolke zur Sonne, wie es früher von HEIS [7] und MARCHAND [8] angenommen wurde. Sie stimmen dagegen gut mit der unveränderlichen Ebene des Planeten-

systems überein ($\Omega = 106,6^\circ$; $i = 1,6^\circ$), die allerdings nicht erheblich von der Bahnebene des Planeten Jupiter ($\Omega = 99,4^\circ$; $i = 1,3^\circ$) abweicht.

Eine Beziehung der Staubmassen des Zodiakallichtkörpers zu den Bahnen der Planeten Merkur bis Jupiter hatte bereits HOFFMEISTER [6] wahrscheinlich gemacht und SIEDENTOPF [4] nachgewiesen.

Von den Autoren wurde auch die Möglichkeit einer geozentrischen Zuordnung der Zodiakallichtwolke geprüft. Einen geozentrischen Ring interplanetaren Staubes hält WHIPPLE [9] auf Grund von extraterrestrischen Staubsammlungen für möglich. Früher hatte zur Erklärung des Gegenseins FESSENKOV [10] an einen Gasschweif der Erde gedacht. Diese Möglichkeit kann auf Grund der erhaltenen Profile des Zodiakallichtes nicht völlig ausgeschlossen werden. Doch müßte diese geozentrische Wolke wegen des Fehlens des Effektes der täglichen Parallaxe einen Radius von mehr als 20 Erdradien haben. Eine solche Staubwolke würde aber wegen der elektrischen Ladungen der Staubteilchen durch die Magnetosphäre der Erde gestört bzw. auch durch die Gravitationswirkung des Mondes beeinflusst werden.

Eine Beziehung des Zodiakallichtes zur Mondbahn glaubten DIVARI und KOMARNITZKAJA [11] nachgewiesen zu haben. Außerdem müßte eine erkennbare Abhängigkeit der photometrischen Profile von der geographischen Breite zu erwarten sein. Lichtelektrische Messungen in verschiedenen Breiten, wie sie z. B. FESSENKOV [10] herangezogen hat, brachten auch keine eindeutige Entscheidung über die Frage der geozentrischen Zuordnung der Zodiakallicht-Materie.

Schlußbemerkungen:

Wenn man die Ergebnisse der zahlreichen bisherigen Bemühungen um die Klärung der Stellung des Zodiakallichtes in unserem Planetensystem betrachtet und gegeneinander abwägt, gelangt man zu dem Schluß, daß die schwache flächenhafte Erhellung des Himmelsgrundes längs des Tierkreises wahrscheinlich aus mehreren Komponenten besteht. Das Hauptphänomen wird von einer zirkumsolaren Staubwolke erzeugt, die den Raum zwischen dem System der Planetoiden und der Sonne erfüllt und mit einer Abplattung von 1:2 stark zur Hauptebene des Planetensystems konzentriert ist.

Überlagert wird das Leuchten dieser Hauptwolke von dem Streulicht der Elektronen, deren Symmetrie-Ebene die Sonnenäquator-Ebene sein kann. Schließlich werden sowohl Staubmassen wie auch Elektronen, die sich im sublunaren Raum bewegen, einen dritten Beitrag zum Leuchten des Zodiakallichtes liefern. Am unsichersten bleibt, ob der im Schwerfeld der Sonne konzentrierte interstellare Staub eine solche Dichte erreicht, daß er zum photometrischen Bild des Zodiakallichtes einen meßbaren Beitrag beisteuern kann.

Eine die Erde umlaufende bemannte Raumstation, wie sie seitens der sowjetischen Weltraumbehörde geplant wird, könnte nach dem oben Gesagten auch einen entscheidenden Erfolg in der Erforschung des Zodiakallichtes bringen.

Literatur:

- [1] V. G. Fessenkov, Dissertation Paris (1914); Astr. J. USSR 27.89 (1950); [2] H. U. Sandig, Astr. Nachr. 272.1 (1941); [3] C. T. Elvey, F. E. Roach, ApJ 85.213 (1937); [4] A. Behr, H. Siedentopf, ZfA 32.19 (1953); [5] R. Dumont, F. Martinez et al., Ann. d'Astrophys. 31.3.293 (1968); [6] C. Hoffmeister, Veröff. Babelsberg, 10, 1, S. 99 (1932); [7] E. Heis, Zodiakallichtbeobachtungen, Münster (1875); [8] E. Marchand, Compt. Rend. 121.1134 (1895); [9] F. L. Whipple, Nature 189.127 (1961); [10] V. G. Fessenkov, Astr. J. USSR 41.1001 (1964) und Soviet Astr. 8.803 (1964); [11] N. B. Divari, N. I. Komarnitzkaja, Astr. J. USSR 42.817 (1965).

Der zehnte Satellit des Saturn

Dr. SIEGFRIED MARX

Im Jahre 1951 war durch MICHELSON der – man muß heute sagen – vorletzte Satellit eines Planeten unseres Sonnensystems entdeckt worden. Es handelt sich dabei um den 12. Begleiter des Jupiter, der nur 20 km Durchmesser hat und eine scheinbare Oppositionshelligkeit von 12.1 Größenklasse. Er umläuft den größten Planeten in einem Abstand von 21 Millionen Kilometer. Durch diesen großen Abstand vom Jupiter konnte er trotz seiner sehr geringen Helligkeit gefunden werden.

Der vorletzte Saturnsatellit wurde im vergangenen Jahrhundert entdeckt. PICKERING fand 1898 den Satelliten Phoebe. Er umläuft den Ringplaneten in einem Abstand von 12,95 Millionen Kilometer in 550,5 Tagen. Dabei erreicht er eine Oppositionshelligkeit von 14.5 Größenklassen.

Es ist bekannt, daß planetarische Körper, so z. B. der Neptun und auch der Pluto, nicht zufällig gefunden wurden, sondern auf Grund theoretischer Voraussagen. Die Existenz des Neptun wurde aus Störungen der Uranusbahn von LEVERRIER berechnet und nach diesen Rechnungen von GALLE im Jahre 1846 beobachtet. Auch die Entdeckung des 10. Saturnmondes war keine Zufallsentdeckung, sondern das Ergebnis theoretischer Überlegungen. Von DOLLFUS (Meudon Observatorium) und Mitarbeitern wurde die Existenz des 10. Saturnmondes aus Störungen im Ringsystem des Planeten wahrscheinlich gemacht. DOLLFUS begann 1948 mit einer detaillierten Analyse des Ringsystems des Saturn. Mit optischen Instrumenten großen Auflösungsvermögens beobachtete er in Nächten mit sehr guten atmosphärischen Bedingungen den Saturn.

Diese Arbeiten bestätigten die Existenz flacher Minima im Licht des Ringes, die zu kleinen, schmalen Spalten gehören. Die bekannteste Teilung ist die sogenannte Cassini-Teilung. Sie wird erklärt durch die Störung eines großen Satelliten, der auf die kleinen Körper, die den Ring bilden, einwirkt. DOLLFUS und Mitarbeiter wiesen neue Spalten nach, die mikrometrisch genau vermessen wurden. Das Ergebnis dieser Arbeiten war, daß eine bisher unbekannte Störungsursache vorhanden sein muß, d. h. ein weiterer, bisher unbekannter Saturnmond müßte existieren. Es war auch möglich, den Ort des Mondes größenordnungsmäßig zu berechnen. Er sollte sich eng am Ringsystem bewegen.

Die Suche nach solch einem Objekt war natürlich sehr schwierig, denn das Licht des Saturn überstrahlt seine nahe Umgebung und außerdem ist ja das leuchtende Ringsystem vorhanden. Danach kann man sagen, daß die günstigste Zeit für die Entdeckung des vermuteten Saturnmondes jene ist, zu der die Erde sich genau in der Ebene des Saturnringes befindet, d. h. wo wir nicht in den geöffneten Ring hineinsehen, sondern der Ring nur als schmaler Strich erscheint.

Im Jahr 1966 waren für die geplanten Sucharbeiten günstige Zeiten um den 29. Oktober und um den 17. Dezember. Die Erde befand sich zwar auch im April 1966 in der Ebene des Saturnringes, aber zu dieser Zeit stand der Planet in geringem Winkelabstand zur Sonne und darum waren keine Beobachtungen zum Auffinden des Mondes möglich. Die nächste derart günstige Gelegenheit ist dann erst wieder 1981, so daß DOLLFUS im Herbst 1966 alle Anstrengungen unternahm, um seine theoretischen Überlegungen in der Praxis bestätigt zu finden. In der Zeit vom 26. Oktober 1966 bis zum 16. November 1966 konnte DOLLFUS mehrmals visuelle Beobachtungen an großen sowjetischen Teleskopen anstellen. Diese Bemühungen blieben erfolglos. Da der schwächste Satellit, den man mit den Instrumenten visuell hätte erkennen können, eine Helligkeit von mindestens 13. Größenklasse hätte haben müssen, zog DOLLFUS aus seinen Beobachtungen in der SU den Schluß, daß der unbekannte Satellit schwächer als die 13. Größenklasse sein muß. Um so schwache Objekte als Saturnbegleiter nachweisen zu können, sind photographische Beobachtungen erforderlich. Mit Hilfe des 43 inch-Reflektors des Pk du Midi-Observatoriums fotografierte DOLLFUS im Dezember 1966 wiederholt den Saturn. Um das Streulicht des Planeten auf den Photoplaten, die insgesamt 15 Minuten belichtet wurden, nicht wirksam werden zu lassen, wurde in der Brennebene des Fernrohrs ein Filter im Bereich des eigentlichen Planeten angebracht, das nur 1 Prozent der Strahlung hindurchläßt. Am 13. Dezember gewann DOLLFUS 3 Aufnahmen, die das vermutete Objekt

erkennen ließen. Die erste Aufnahme zeigte den Satelliten tatsächlich am äußeren Ringrand. Auf den anderen Aufnahmen aus derselben Nacht schien der Satellit sich dichter an den Saturn heranbewegt zu haben.

Eine wichtige Aufgabe war es nun, die Beobachtung in der Folgezeit zu bestätigen. Da drei vollständige Beobachtungen ausreichen, um eine Bahn zu berechnen, bestimmte DOLLFUS aus den Ergebnissen vom 15. Dezember 1966 die Bahnparameter des neuen Satelliten und konnte so voraussagen, wann der Mond wo zu beobachten sein wird. Am 17. Dezember 1966 gelang es dem Astronomen dann, den neuen Saturnbegleiter genau an einer vorausgerechneten Position zu fotografieren. Damit war die Entdeckung des 10. Saturnmondes, den DOLLFUS – als Entdecker steht ihm dieses Recht zu – Janus nannte, gesichert. Nachdem DOLLFUS sein gesamtes Beobachtungsmaterial von Mitte Dezember exakt ausgewertet hatte, teilte er seine Entdeckung am 2. Januar 1967 der astronomischen Fachwelt mit. Daraufhin untersuchten andere Beobachter, die um den 17. Dezember 1966 Saturnaufnahmen gewonnen hatten, ihre Photographien. In der Tat wurde der Satellit auf weiteren Aufnahmen gefunden. So auf einer Aufnahme, die am 18. Dezember mit dem 61 inch-Reflektor des Naval-Observatoriums, Flagstaff in Arizona, von WALKER erhalten wurde, und auf vier Aufnahmen, die der französische Astronom TAXERAU am 29. Oktober mit dem 82 inch-Reflektor des Mc Donald-Observatoriums angefertigt hatte.

Damit war die Existenz des Janus endgültig gesichert. Was kann man aber schon jetzt näheres über diesen neuen Satelliten sagen? Der Halbmesser seiner Bahn beträgt 157 500 km. Damit beschreibt er die engste Bahn aller bekannten Saturnbegleiter. Dementsprechend hat er auch die kleinste Umlaufzeit. Die Umlaufperiode beträgt 17,975 Stunden. Die scheinbare Helligkeit von Janus ist etwa 14 Größenklassen. Setzt man ein Reflexionsvermögen von 0,6 voraus, dann ergibt sich ein Durchmesser von etwa 350 km. Damit zählt er zu den mittelgroßen Planetenbegleitern, denn die kleinsten haben nur Durchmesser von 10 bis 20 km, die größten von einigen 1000 km. Die letzten größeren Satelliten hatte LASSELL 1851 gefunden (Umbriel, Uranusbegleiter, etwa 400 km Durchmesser; Ariel, Uranusbegleiter, etwa 600 km Durchmesser).

Alle nach 1851 entdeckten Objekte dieser Art waren kleiner. Insgesamt wurden in diesem Jahrhundert nun 10 neue Satelliten von Planeten unseres Sonnensystems gefunden. Der Grund für das späte Entdecken des relativ großen Janus liegt in seiner Bahn in unmittelbarer Nähe des Saturnrings. Die Entdeckung des 10. Saturnsatelliten zeigt aber, daß auch in Gebieten, die man oft für abgeschlossen hält, überraschende Ergebnisse möglich sind.

Die Satelliten des Saturn

Name des Satelliten	Abstand vom Saturn	Umlaufzeit	Durchmesser	Oppositions-helligkeit	Entdecker
Mimas	185 700 km	22,60 Std.	520 km	12,1 mag.	1789 Herschel
Enceladus	238 200	32,85	600	11,7	1789 Herschel
Tethys	294 800	54,30	1200	10,6	1684 Cassini
Dione	377 700	65,80	1300	10,7	1684 Cassini
Rhea	527 500	4,52 Tage	1800	10,0	1672 Cassini
Titan	1 223 000	15,95	5000	8,3	1655 Huygens
Hyperion	1 484 000	21,28	400	14,0	1848 Bond
Japetus	3 563 000	79,33	1200	11,0	1671 Cassini
Phoebe	12 950 000	550,50	300	14,5	1898 Pickering
Janus	157 500	17,98 Std.	350	14,0	1966 Dollfus

Mondvulkanismus und Perlstein – Ursachen der Tektiteschauer

JOHANNES CLASSEN

Seit 1900 F. E. SUESS (1) die in der CSSR bei Budweis = České Budějovice und Trebitsch = Třebeš vorkommenden Moldavite als Meteorite ansprach, ist der Streit über die Tektite nicht mehr zur Ruhe gekommen. Schroff stehen sich auch heute noch die Ansichten gegenüber. Die einen verlegen den Entstehungsort der Tektite auf die Erde, wobei die bestbegründete Theorie davon ausgeht, daß beim Aufschlagen großer Meteorite irdisches Material zu Glas geschmolzen und hoch in die Atmosphäre verspritzt wurde. Aus der Atmosphäre kamen diese Spritzer dann in erstarrtem Zustand als mehr oder weniger kugelförmige Gebilde wieder auf die Erde zurück und gingen hier auf eng begrenzten Fallgebieten nieder.

Die anderen befürworten eine außerterrestrische Herkunft der Tektite und verlegen deren Entstehen in den Weltraum. Allerdings werden die Tektite heute kaum mehr als normale, aus dem interplanetaren Raum stammende Meteorite aufgefaßt. Denn da die Tektite im Gegensatz zu den Stein- und Eisenmeteoriten keinerlei Einwirkungen der kosmischen Strahlung zeigen, können sie keine lange Reise durch den Weltraum hinter sich haben. Die Vertreter der außerterrestrischen Theorien nehmen daher als Herkunftsort für die Tektite jetzt meist den Mond an, denn nur von diesem sind die Flugbahnen so kurz, daß die kosmische Strahlung keinen wesentlichen Schaden anzurichten vermag.

Stark vereinfacht kann man sagen, daß die zur Lösung des Tektiterätsels aufgestellten terrestrischen Theorien in Europa, die außerterrestrischen Theorien dagegen in Amerika bevorzugt werden.

Was zunächst die terrestrischen Theorien betrifft, so fanden diese in den letzten Jahren eine starke Stütze durch Altersbestimmungen einerseits an Tektiten und andererseits an irdischem Glasmaterial, das aus den mutmaßlichen Aufschlagorten der erwähnten großen Meteorite stammte (2) (3). Diese Altersbestimmungen ergaben bis auf 5–10 „ das gleiche Schmelzalter für beide Naturprodukte. So erhielt man beispielsweise sowohl für die Moldavite als auch für Glasmaterial aus dem 280 bzw. 390 km westlich von Budweis und Trebitsch gelegenen Nördlinger Ries (Süddeutschland) ein Schmelzalter von $14,6 \times 10^6$ Jahren. Ferner ergaben Altersbestimmungen an den Tektiten der Elfenbeinküste (Westafrika) und an Glasmaterial aus dem 300 km weit entfernten Bosumtwi Ashanti-Krater (Ghana) übereinstimmend ein Schmelzalter von $1,3 \times 10^6$ Jahren.

Außer aus der CSSR und der Elfenbeinküste kennt man Tektite noch aus Nordamerika (Texas, Georgia und Massachusetts, Alter $33,2 \times 10^6$ Jahre) und dem Fernen Osten (Südostasien und Australien, Alter $0,72 \times 10^6$ Jahre). Für sie fand sich bis jetzt noch kein benachbarter Meteoritenkrater, was etwas gegen die terrestrische Meteoritenaufschlagtheorie spricht. Die nordamerikanischen Tektite könnten allerdings von einem Meteorit stammen, der einst vor der Südküste Nordamerikas niederging. Jedoch ist noch nicht untersucht, wie sich große Meteorite bei ihrem Aufschlag auf das offene Meer verhalten, welches an der fraglichen Stelle bis 6000 m tief ist. Für das riesige fernöstliche Tektitefundgebiet vermutet man einen gigantischen Meteoritenkrater unter dem Eis der Antarktis im Bereich des Wilke-Landes (4) (5).

Ein Argument gegen die terrestrischen Theorien ist ferner der mineralogische Unterschied zwischen den Tektiten einerseits und den irdischen Gläsern andererseits. So weichen die Moldavite nach W. v. ENGELHARDT und F. HÖRZ (6) vom Chemismus aller irdischen Gesteine ab und sind insbesondere mit dem Riesglas chemisch nicht verwandt. Weiter ist der Wassergehalt der Tektite stets viel kleiner (im Mittel 0,005 %) als der irdischer Gläser. Hier beträgt er beispielsweise beim Riesglas 1,94 %. Überhaupt stellen die Tektite die wasserärmsten Gläser dar, die bekannt sind. Selbst das bei Atombombenexplosionen, also bei sehr hohen Temperaturen, erschmolzene Gesteinsglas wird von den Tektiten an Wasserarmut übertroffen (7).

Auch zeichnen sich die Tektite neben ihrem großen Gehalt an SiO_2 (68–86 %) durch das Fehlen von Mineraleinschlüssen vor irdischen Gläsern aus. Überhaupt variieren sie in mineralogischer Hinsicht viel weniger als letztere, und zwar sowohl innerhalb eines und desselben Vorkommens als auch innerhalb der Vorkommen untereinander (7). Damit bestehen sie gewissermaßen aus einem Glas von ganz besonderer Prägung, was jedoch durchaus nicht dafür spricht, daß sie einst an verschiedenen Stellen der in mineralogischer Hinsicht so unterschiedlichen Erdoberfläche entstanden sind. Es hat vielmehr den Anschein, als ob die Tektite aller Fundorte von einem und demselben – möglicherweise außerirdischen – Herkunftsort stammen.

Schließlich ist es für die terrestrische Meteoritenaufschlagtheorie schwer, die ballistischen Flugbahnen der Ejekta zu erklären. Die Entfernungen zwischen den Meteoritenkratern und den Tektitefundgebieten betragen 280 bis 390 km, und wenn die Tektite derartige Entfernungen im freien Wurf überbrücken sollen, sind Anfangsgeschwindigkeiten von etwa 2 km/sec erforderlich. Bei derart großen Geschwindigkeiten zersprühen jedoch flüssige Glastropfen in der Atmosphäre, während feste Körper von der Größe der Tektite durch den entstehenden Luftwiderstand stark abgebremst werden und eine einschneidende Reduzierung ihrer Flugbahn erleiden. Nun könnten die Kraterjekta zunächst einen flüssigen Strahl bilden, der sich zuletzt, einem Wasserstrahl ähnlich, in einzelne Tropfen auflöst und in einem begrenzten Streufeld niedergeht. Aber die Tropfen dieses Strahles sollten sich dann nicht ungeordnet auf ihrem Streufeld ablageren, sondern die großen Tropfen sollten eher herunterkommen als die kleinen Tropfen. Ja, wie E. ADAMS (8) hervorhob, sollte sogar eine mehr oder weniger kontinuierliche Bedeckung der Flugstrecke zwischen dem Meteoritenaufschlagort und dem eigentlichen Streufeld eintreten. All das wird jedoch in der Natur nicht beobachtet.

Nun zu den außerterrestrischen Erklärungsversuchen. Hier steht wie gesagt vor allem die Theorie zur Diskussion, daß die Tektite von dem der Erde am nächsten stehenden außerterrestrischen Objekt, dem Mond, stammen. Die bedeutendsten Befürworter dieser Theorie sind H. H. NININGER (9) in Denver (USA), D. R. CHAPMAN (10) in Moffet Field (USA), J. A. O'KEEFE (11) in Greenbelt (USA) und E. ADAMS (12) Karlsruhe (Bundesrepublik Deutschland). Im wesentlichen stellen diese Autoren zur Diskussion, daß einst große Meteorite auf der Mondoberfläche aufschlugen und bei ihrem Aufprall Mondmaterial in den Weltraum schleuderten, sei es in der Gestalt fester Brocken, sei es in der Gestalt flüssiger, erst im Weltraum erstarrender Spritzer. Vieles von diesem Mondmaterial mag sich darauf im interplanetaren Raum zerstreut haben. Ein Teil aber gelangte in die Erdatmosphäre, schmolz hier oberflächlich und erhielt dabei durch aerodynamische Einwirkungen seine endgültige Gestalt, in der es schließlich auf der Erde niederging.

Auf die positiven Gesichtspunkte dieser lunaren Meteoritenaufschlagtheorie haben bereits obengenannte Autoren hingewiesen, zuletzt J. A. O'KEEFE (13). Hier sei lediglich auf die negativen Gesichtspunkte aufmerksam gemacht. Da ist erstens wieder der mineralogische Befund. Allem Anschein nach sind nämlich die minera-

logischen Unterschiede der Mondoberfläche ähnlich groß wie die mineralogischen Unterschiede der Erdoberfläche. Ein Beispiel bieten die beiden benachbarten Mondkrater Aristarch und Herodot. Das Innere von Aristarch ist um ein Vielfaches heller als die umgebende Mondoberfläche, das Innere von Herodot dagegen ist bedeutend dunkler (14). Eine unterschiedliche Glätte des Mondbodens kann für diese großen Helligkeitsdifferenzen nicht allein verantwortlich gemacht werden. Der Mondboden von Aristarch muß vielmehr aus einer anderen Gesteinsart bestehen als der Mondboden von Herodot, und beide Mondböden sollten wieder eine andere mineralogische Beschaffenheit besitzen als die übrige Mondoberfläche. Da man nun aber auch bei der lunaren Meteoritenaufschlagtheorie eine Vielzahl von Meteoritenaufschlägen voraussetzen muß, tritt jetzt eine ähnliche Lage ein wie bei der terrestrischen Meteoritenaufschlagtheorie. Es wird nämlich unverständlich, warum bei den bisherigen vier Tektitefällen eine so gleichartige mineralogische Beschaffenheit des Fundmaterials entstehen konnte.

Hinzu kommt, daß die Mondoberfläche nach den bisherigen Ergebnissen der Weltraumfahrt vorwiegend aus basischen Gesteinsarten ähnlich dem irdischen Basalt zu bestehen scheint (15). Aus derartigen Gesteinsarten können sich aber die sauren Tektite kaum gebildet haben. Möglich allerdings, daß die Mondoberfläche bisher immer nur an basischen Stellen untersucht wurde. Klarheit über diese Fragen wird wohl bald die weitere Weltraumfahrt bringen.

Der zweite Einwand gegen die lunare Meteoritenaufschlagtheorie hängt mit dem geringen Umfang der irdischen Tektitfundgebiete zusammen. Beispielsweise haben die Fundgebiete in der ČSSR nach V. E. BARNES (11) eine Größe von etwa 50 km (Budweis) und 30 km (Trebitsch). Diese Größe wird zwar auch etwas von der heutigen Ausdehnung der geologischen Schicht bestimmt, in denen die Moldavite vorkommen, nämlich durch die Ausdehnung des Miozän. Im wesentlichen ist sie aber durch die seinerzeitigen Fallumstände bedingt. Das kreisförmige Tektitfundgebiet der Elfenbeinküste hat nach W. GENTNER (16) wahrscheinlich einen Durchmesser von 40 km. Von den drei nordamerikanischen Fundgebieten (11) besitzt dasjenige von Texas eine streifenförmige Ausdehnung, die zwar 240 km lang, aber nur wenige km breit ist. Das Fundgebiet von Georgia hat etwa 85 km Ausdehnung, und in Massachusetts hat man bisher überhaupt nur einen einzigen (allerdings vielleicht dorthin verschleppten) Tektit auf der Insel Martha's Vineyard gefunden. Schließlich umfaßt das fernöstliche Fundgebiet zwar eine Fläche von 4000×7000 km, aber es setzt sich offenbar aus vielen kleinen Einzelfundgebieten zusammen, die mehr oder weniger große Zwischenräume voneinander aufweisen. Die Nordhälfte von Australien ist beispielsweise fast ganz von Fundorten frei.

Diese auffällige Konzentration des Materials auf einzelne eng begrenzte Fundgebiete von oft nur mehreren Kilometer Ausdehnung stellt die lunare Meteoritenaufschlagtheorie vor ein unlösbares Problem. Es ist nämlich auf keine Weise vorstellbar, wie ein auf der Mondoberfläche aufschlagender Meteorit eine genügend enge Bündelung der emporgewirbelten und auf die Reise nach der Erde geschickten Mondbestandteile herbeiführen soll. Viel wahrscheinlicher ist es vielmehr, daß sich diese Mondbestandteile auf ihrem Weg zur Erde zerstreuen.

Nun richtet zwar nach D. R. CHAPMAN und anderen das irdische Gravitationsfeld die vom Mond ausgehenden Tektitflugbahnen zur Erde hin etwas aus, so daß in einem bestimmten Bereich der Abfluggeschwindigkeiten ein bündelnder Effekt entsteht. Aber auch dieser Effekt kann die Beobachtungstatsachen nicht ausreichend erklären, so daß E. ADAMS (12) schreiben muß: „Chapman einerseits, und O'Keefe und Adams andererseits haben zwei verschiedene Hypothesen über Transportmechanismen der Tektite... vom Mond zur Erde analysiert. In beiden Fällen kann die Existenz einzelner Tektitfelder auf der Erde nicht (Chapman) oder nicht

völlig befriedigend (O'Keefe und Adams) erklärt werden, so daß sich hier ein Fragezeichen hinsichtlich des Ursprungs der Tektite vom Mond ergibt".

Alle Schwierigkeiten der bisherigen Theorien überwindet man jedoch durch die bereits Anfang 1967 vom Verfasser in Vorschlag gebrachte Perlsteintheorie (17) (18). Nach dieser liegt der Herkunftsort der Tektite im Mondinnern, und die Tektite eines jeden irdischen Fundgebietes entstammen einem vom Mond ausgeworfenen Glasmeteorit, der nach dem Verlassen des Mondes durch zu rasche Abkühlung Perlsteinstruktur annahm. Der Glasmeteorit flog zunächst eine geologisch kurze Zeit im Erde-Mond-System umher, gelangte dann ganz in den Anziehungsbereich der Erde, drang in die Erdatmosphäre ein und zerfiel hier durch aerodynamische Einwirkungen wie irdischer Perlstein zu Kugeln. Dieses Kugelpaket ging schließlich in Form einer dichten Partikelwolke auf der Erde nieder und erzeugte hier ein Tektitefeld. Die Zeit des Niederganges ist bei den vier großen irdischen Fundgebieten mit dem Schmelzalter der betreffenden Tektitearten identisch.

Daß das Mondinnere zumindest zum Teil von glasartigem Stoff erfüllt ist, erscheint deshalb nicht unmöglich, weil die mittlere Dichte des Mondes ($3,34 \text{ g cm}^{-3}$) der mittleren Dichte des Glases ($2,5 \text{ g cm}^{-3}$) und derjenigen der Tektite ($2,4 \text{ g cm}^{-3}$) ähnelt. Wahrscheinlich ist das Mondinnere ähnlich wie das Erdinnere schichtenartig aufgebaut, jedoch ist näheres über die mineralogische Beschaffenheit des Mondes bisher nicht bekannt. Der mittleren Dichte des Mondes entspricht am besten die Dichte ultrabasischen Gesteins ($3,35 \text{ g cm}^{-3}$, Olivin), weniger die Dichte basischen Gesteins ($3,05 \text{ g cm}^{-3}$, Basalt) oder die Dichte sauren Gesteins ($2,65 \text{ g cm}^{-3}$, Granit).

Nach B. J. LEWIN (19) hat der Mond die gleiche stoffliche Zusammensetzung wie die Erde, wobei B. J. LEWIN nicht von einem festen Nickeleisenkern der Erde ausgeht, sondern von einem Kern aus metallischen Silikaten. Die größere mittlere Dichte der Erde ($5,52 \text{ g cm}^{-3}$) entstand nach B. J. LEWIN durch den im Erdinnern größeren Druck, der im Innern der beiden Himmelskörper zu einer verschiedenen thermischen Entwicklung und Differenzierung führte. Die Stärke der festen äußeren Schicht des Mondes soll nach B. J. LEWIN 500–700 km betragen (Mondradius 1738 km); deshalb ist auf dem Mond kein rezenter Vulkanismus möglich. Die auf dem Mond beobachteten Leuchterscheinungen (14), insbesondere die 1958 und 1959 von N. A. KOSYREW (20) (21) festgestellten „Gaswolken“ im Alphonsus, interpretiert B. J. LEWIN als Gasausbrüche aus dem Mondinnern. Andere Autoren vermuten übrigens neuerdings in etwa 50 km Tiefe unter der Mondoberfläche lokale Massenkonzentrationen („mascons“), die Mondgravitationsstörungen hervorrufen und dadurch die Bahnen von Weltraumschiffen beeinflussen (22) (23). Man hat dabei an versunkene große Eisenmeteorite oder doch zumindest an Fe Ni-Massen gedacht. All dieses sei nur erwähnt, weil das Mondinnere auch Fe Ni enthalten muß, um das Vorkommen von Fe Ni-Kügelchen in Tektiten zu erklären.

Wie gelangte das tektitische Material nun aus dem Mondinnern nach der Erde? Hier sei vorsichtig auf die brauchbaren Bestandteile der im wesentlichen längst überholten Mondvulkantheorien von D. M. VERBEEK (24), M. W. MEYER (25) und G. LINCK (26) zurückgegriffen. Diese Autoren faßten die Tektite als Lavamaterial auf, welches von Mondvulkanen in den Weltraum befördert wurde und in erstarrtem Zustand auf die Erde fiel. An einen Mondvulkanismus glaubte man deshalb, weil die Mondoberfläche von Zehntausenden von „Mondkratern“ übersät ist. Allein die Mondkarte von J. SCHMIDT verzeichnet 33 000 derartige Objekte. Nach den Ergebnissen der Weltraumfahrt bedecken sogar Hunderttausende, ja wahrscheinlich Millionen Krater und Gruben die Mondoberfläche.

Fortsetzung folgt.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Tätigkeitsberichte 1968

der Fachgruppen des Bezirksfachausschusses Dresden

Fachgruppe Dresden

1. Populärwissenschaftliche Tätigkeit

Im Jahre 1968 fanden 10 Zusammenkünfte statt, die als öffentliche Veranstaltungen im Klubhaus des Stadtbezirkes Süd in Dresden durchgeführt wurden. Es wurden Forschungsergebnisse vermittelt und Anleitungen für die praktische Beobachtungstätigkeit gegeben. Seit Herbst 1968 wird in einer Vortragsreihe die Praxis der Himmelsfotografie behandelt. Im letzten Vierteljahr beteiligte sich die Fachgruppe an der astronomischen Vortragsreihe des Urania-Vortragszentrums in Dresden. Unsere Veranstaltungen hatten insgesamt 263 Besucher. Die von der Fachgruppe eingeleiteten Nachforschungen über die Denkmale und die Zeugnisse von J. G. Palitzsch wurden fortgesetzt und werden auch 1969 weitergeführt. Die Fachgruppe zeigte kleine Ausstellungen über ihre Arbeit anlässlich der Stadtdelegiertenkonferenz des Kulturbundes sowie im Klubhaus des Stadtbezirkes Süd.

2. Betreuung der Volkssternwarte Frantz

Auf der Volkssternwarte Frantz wurden 27 öffentliche Führungen durchgeführt, davon 25 für Jugendwehreggruppen. Die Schülerarbeitsgemeinschaft hatte 30 Zusammenkünfte auf der Sternwarte. Insgesamt haben 564 Personen die Sternwarte besucht.

3. Beobachtungstätigkeit

Unsere aktiven Beobachter haben ihr Programm fortgeführt. Frau Seliger konnte die Sonne an 242 Tagen beobachten und die Fleckenrelativzahl bestimmen. Die ausgewerteten Ergebnisse wurden vierteljährlich der Sternwarte in Zürich gemeldet. Frau Seliger fertigte außerdem 6 Detailzeichnungen von Mondkratern an. Von März bis Mai 1968 konnten S. Seliger und H. J. Blasberg aus insgesamt 17 Beobachtungen die Position des Großen Roten Fleckes auf Jupiter bestimmen. Aus den Beobachtungen von Seliger ergibt sich für die Fleckmitte eine mittlere Position von $26.9 \pm 2^\circ$ und aus den Beobachtungen von Blasberg eine solche von $26.2 \pm 1^\circ$. Beide Werte stimmen sehr gut überein.

H. J. Blasberg hat an 26 Veränderlichen 579 Helligkeitsschätzungen gewonnen. Für 5 weitere Sterne wurden die Helligkeiten mit 75 Beobachtungen aus fotografischen Himmelsaufnahmen geschätzt. Die auswertbaren Ergebnisse hat die Sternwarte Sonneberg erhalten. Zur Beobachtung Veränderlicher wurden von S. Seliger und H. J. Blasberg 101 Himmelsaufnahmen gemacht.

Fachgruppe Radeberg

Zur Zeit gehören zur Fachgruppe 7 Bundesfreunde, zur Interessengemeinschaft 10 Mitglieder. Unsere Beobachtungs- und Führungstätigkeit an der Sternwarte war wie wohl überall von sehr schlechtem Beobachtungswetter stark beeinflusst. An den wenigen Beobachtungsabenden, die uns blieben, besuchten 190 Personen die von uns betreute Volkssternwarte. Seit September gibt Fachlehrer Bfr. A. Lemke den Astronomieunterricht in Radeberg, Arnsdorf und Langebrück in 9 Klassen. Im letzten Quartal erteilte er 90 Schülern in der Sternwarte Astronomieunterricht, wobei er von Bundesfreunden unterstützt wurde. Unsere AG Junge Astronomen kam wie bisher wöchentlich einmal in der Sternwarte zusammen (Leitung: Bfr. Bär). In unserem Beobachtungsprogramm standen im Vordergrund Sonne, Venus und Jupiter. Weiter wurden Sonnen- und Mondfinsternisse visuell beobachtet und fotografisch aufgenommen. Einige Meteorbeobachtungen waren möglich. Zwei Sternfreunde versuchten sich im Spiegelschleifen. Im September beteiligte sich unsere Fachgruppe an einer Leistungsschau aus Anlaß „10 Jahre Ortsgruppe Radeberg“ (DKB) und führte einen Lichtbildvortrag „Neues über die Mondforschung“ (Dr. Steinert, TU Dresden) durch. Im April nahmen wir an der Eröffnungsfeier der Volkssternwarte in Zittau teil. Im September besuchten wir die Sternwarte in Pulsnitz. An der Sternwarte wurden 88 NAW-Stunden (Wert 300 M) geleistet.

Fachgruppe Sohland

1968 wurden folgende Aufgaben durchgeführt:

1. Beobachtungsabende an der Sternwarte

An 37 öffentlichen Beobachtungsabenden nahmen 252 Besucher teil. An 7 Beobachtungsabenden wurde für hiesige Oberschulklassen ergänzender Astronomieunterricht erteilt. Diese Abende wurden zum größten Teil von Bfr. Dipl.-Päd. Kumpf und Herrn Lehrer Tuhnitz geleitet. Außerdem besuchten 10 italienische Schüler aus dem hiesigen Kinderferienlager unsere Sternwarte.

2. NAW-Arbeiten

In 142 Arbeitsstunden wurde das Vorhaus zur Baracke erstellt. Unterstützung durch Anlieferung von Sand und Bausteinen gaben die Gemeindeverwaltung und Bfr. W. Thomas. Sehr aktiv beteiligten sich der Vorsitzende der Ortsgruppe des DKB Bfr. E. Grunert, Mitglieder der Brigade „Einheit“ der Fa. Klinger & Schicktan, Sohland, sowie Tischlermeister W. Harnisch. Damit wurde ein Wert von 2100 M geschaffen. Zur Weiterhaltung wurde von Bfr. E. Grunert und Herrn Jost Grunert der Außenputz der Kuppelturmmauer ausgebaut und Kuppel einschließlich Mauerwerk, sowie die Frontseite der Baracke mit einem neuen Anstrich versehen. Insgesamt wurden an der Sternwarte 193 Arbeitsstunden geleistet und 69 Beobachtungsstunden durchgeführt.

3. Instrumentariumsergänzung u. a.

Durch finanzielle und materielle Unterstützung der Betriebsleitung und der Gewerkschaftsleitung unseres Patenbetriebes Klinger & Schicktan, der Gemeindeverwaltung und der Gerhart-Hauptmann-Schule, konnte ein Refraktor 63/840 mit Suchfernrohr, Zenitprisma und Stativ im Wert von 1550 M gebaut und ein Kometsucher 125/400, ein Astrokameraobjektiv 1 : 4,5/260 und vier orthoskopische Okulare (4, 6, 12,5 und 40 mm) erworben werden.

Zwei Mitglieder nahmen an der Einweihung der Sternwarte Zittau am 27. 4. 1968 teil.

Am 19. 10. 1968 konnten wir das fünfjährige Bestehen der Sternwarte feiern und das Vorhaus seiner Bestimmung übergeben.

Zu Ehren des 20. Jahrestages unserer Deutschen Demokratischen Republik planen wir für das Jahr 1969 folgende Arbeiten: Bau eines Weges zur Baracke – Aufstellung von zwei Bänken an der Baracke – Anlegen eines Blumenbeetes und Pflege der Hecke – Vervollständigung des Barackenanstriches – Erneuern des Dachbelages auf der Nordostseite der Baracke – Erstellung einer sanitären Anlage.

Fachgruppe Zittau

Die Fachgruppe besteht aus 30 aktiven Mitgliedern. Erfreulich ist die Zunahme der Jugendlichen, die sich rege am allgemeinen Dienst in der Sternwarte beteiligen.

Seit der Einweihung am 27. 4. 1968 wurde folgendes Arbeitspensum geleistet: a) Justierarbeiten am Gerät 11 Abende, b) Himmelsbeobachtungen 81 Abende, c) Vorträge himmelskundlicher Art 68 Abende, d) Führungen und Erklärungen 53 Abende, e) Gesamtzahl aller Besucher: 1800. Die erwähnten Vorträge fanden immer dann statt, wenn Witterungsungunst die Beobachtungen verhinderte; oft fanden Kurzvorträge in Verbindung mit Beobachtungen statt.

Zur Einweihung der Sternwarte hielt Bfr. Diplom-Astronom Erich Bartl einen Vortrag vor 250 Besuchern in der Aula der ROBUR-Berufsschule.

Die partielle Sonnenfinsternis erlebten weit über hundert Besucher, denen die Finsternis per Projektion, aber auch visuell gezeigt werden konnte.

Die öffentlichen Beobachtungsabende fanden – ungeachtet des Wetters – an jedem Donnerstag der Woche statt, etwa von 19 bis 22 Uhr. Viele Mitglieder beobachteten zwischenzeitlich und führten entsprechende Aufzeichnungen durch.

Die FG hielt im Berichtszeitraum 11 Arbeits-Sitzungen in der Sternwarte ab, in deren Mittelpunkt stets ein der allgemeinen Weiterbildung ihrer Mitglieder dienender Vortrag stand.

Dem Ausbau und der Unterhaltung der Sternwarte wurde fleißig gedient. Neben regelmäßigen Säuberungs-Einsätzen fanden auch größere Erdbewegungen als Vorbereitung zur kommenden Bepflanzung statt. Diese soll im Frühjahr 1969 geschehen. Viele Arbeitsstunden dienen zur Vervollkommen des Instrumentariums. Es wurden Sicherungen für den öffentlichen Verkehr getroffen, ein KW-Empfänger auf Zeitzeichenempfang umgebaut, dieses mit besonderer Unterstützung unseres Bezirksvorsitzenden, Bfr. Ingenieur Blasberg, Dresden. Eine zweite Uhr für Sternzeit dürfte Anfang 1969 betriebsbereit sein. Ein die gesamte Anlage umgebender Zaun wurde erstellt und auf der Verbesserung des Zugangsweges gearbeitet.

Mit den Astronomielehrern von Stadt und Kreis wurde Verbindung aufgenommen. Es entsteht ein genauer Arbeitsplan für den Unterricht bzw. für die Durchführung praktischer Beobachtungen, welcher im Januar 1969 vorliegen wird.

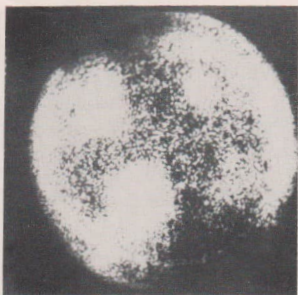
Mit den Sternwarten Sonneberg und Pulsnitz haben sich Beziehungen angebahnt, deren Sinn es ist, im kommenden Jahr wissenschaftliche Mitarbeit zu leisten.

Um die Aufgaben des kommenden Jahres zu erfüllen und die Arbeit auf mehrere Schultern zu verteilen, wurde ein Arbeitsausschuß bestellt, dem acht Referate unterstehen. Es sind dies die Referate: Leitung, Lichtbild und Werbung, Wissenschaftliche Arbeit, Finanzen, Schulastronomie, Jugendarbeit, Instrumentarium, Inventar und Ausbau.

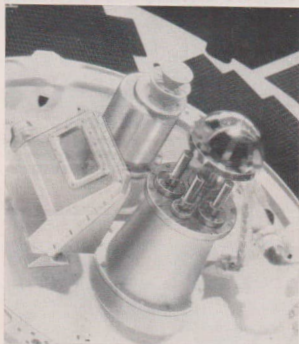
Der öffentliche Beobachtungsdienst beginnt Anfang März und endet etwa Anfang November 1969.

Vordringliche Aufgaben sind: 1. Ausbau des Teleskops, 2. Inbetriebnahme der Uhrenanlage, 3. Bepflanzung der gesamten Anlage.

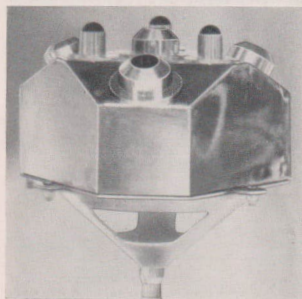
Fortsetzung S. 51



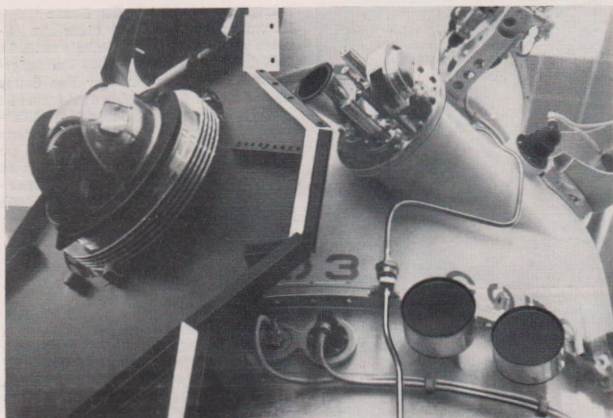
Röntgenstrahlungsfoto der Sonne
Es wurde beim Aufstieg einer sowjetischen geophysikalischen Rakete am 1. 10. 1965 in einer Höhe von 500 km aufgenommen. Der Durchmesser der Sonne im sichtbaren Bereich des Spektrums ist etwas kleiner, da die intensivste Röntgenstrahlung aus der untersten Korona stammt. Man erkennt ferner, daß an den Polen auch von der Korona kaum Röntgenstrahlung ausgeht. An der Sonnenoberfläche sind deutlich drei lokale Herde intensiver Röntgenstrahlung zu erkennen.



Sonnensensoren
eines sowjetischen Nachrichtensatelliten der Serie Molnija. Sie befinden sich an der unteren Fläche des Satelliten und geben die notwendigen Informationen für die exakte Ausrichtung der Solarzellenflächen auf die Sonne.

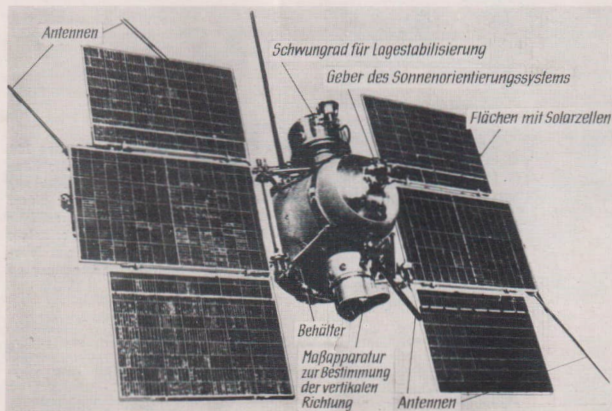


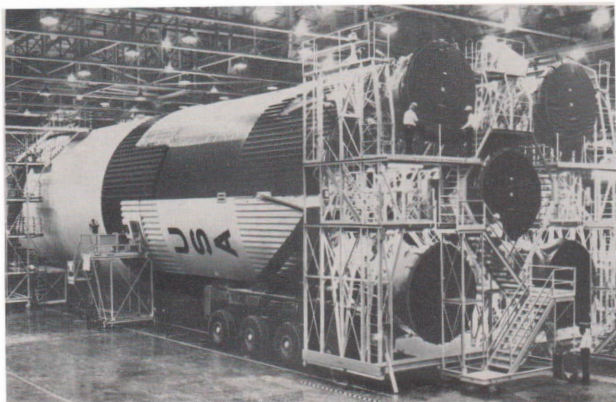
Ein Meßinstrumentengeber
des sowjetischen Satelliten Kosmos 149. Es handelt sich hier um optische Sensoren, mit denen die Infrarotstrahlung der Erde gemessen wurde. Einer dieser Geber war ständig auf die Erdoberfläche gerichtet, ein zweiter gleichartiger zeigte in entgegengesetzte Richtung, um Vergleichswerte der Strahlungsmessung zu erhalten.



Oben: Verschiedenartige Sonnensensoren der sowjetischen Sonde Venus 4. Bei den Sensoren rechts sind auch Meßgerätegeber angebracht, die der Untersuchung der solaren Röntgen- und UV-Strahlung dienen. Am rechten oberen Bildrand erkennt man Gasdüsen des Lagestabilisierungssystems.

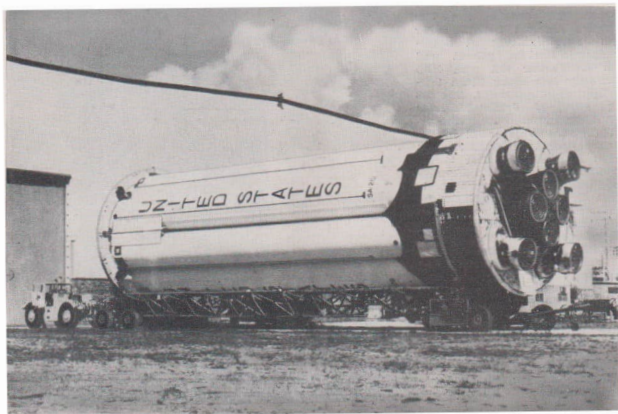
Unten: Sowjetischer Satellit der Kosmos-Serie, der Experimente zur Lagestabilisierung mit Hilfe eines „Schwungrades“ ausführt.

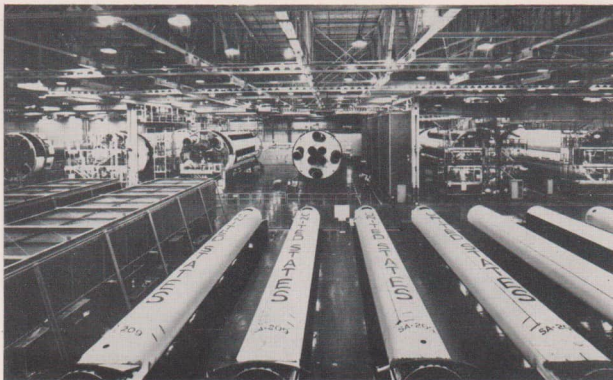




Oben: Erststufe der amerikanischen Mondrakete SATURN 5. Gesamtlänge 42 m; Durchmesser 10 m; Gesamtgewicht der Stufe 2, 135 000 kg; Nettogewicht 135 000 kg; Treibstoffgewicht 2 000 000 kg; Raketenmotore 5 Stück je 680 000 kp Schub; Treibstoffverbrauch: 5×2700 kg sec. = 13 500 kg sec.; jeder Raketenmotor wiegt etwa 8 t.

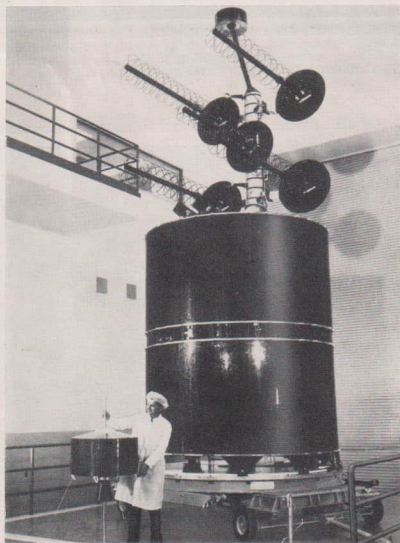
Unten: Erststufe der Rakete SATURN 1b für den bemannten Raumflug.





Oben: Serienfertigung der Rakete SATURN 1b für den bemannten Raumflug.

Rechts: Dieser amerikanische Nachrichtensatellit befindet sich jetzt in einer synchronen Umlaufbahn über dem pazifischen Ozean. Er wurde von der Hughes Aircraft Company für das amerikanische Verteidigungsministerium gebaut und am 9. Februar 1969 von Kap Kennedy mit einer Titan 3-C-Trägerrakete gestartet. Der 725 kg schwere, drallstabilisierte Militärnachrichtenversuchssatellit (Tacomsat) ist zwei Stockwerke hoch und hat mehr als 2,4 m Durchmesser. Der Großsatellit dient dazu, die Einsatzmöglichkeit von Synchronsatelliten für die taktische Nachrichtenübermittlung mit kleinen beweglichen Bodenstationen, Flugzeugen und Schiffen auf See zu prüfen. Eine weitere Aufgabe ist die Feststellung des geeignetsten Frequenzbandes für taktische Zwecke. Die Versuche finden im Ultrahochfrequenz- (UHF) und im Superhochfrequenz- (SHF) Bereich statt. Die Nachrichtenantennen des Satelliten werden auf mechanischem Wege „entkreiselt“, damit sie ständig zur Erde gerichtet sind.



Fachgruppe Jonsdorf

Am Ausgang des Jahres 1968 umfaßte die FG 14 Mitglieder. Davon sind 8 Jugendliche.

Wir trafen uns an 18 Klubabenden in unserer Volkssternwarte, die vorwiegend den Zweck der Weiterbildung hatten. Im Mittelpunkt standen: Unsere Planeten. Außerdem behandelten wir aktuelle Probleme der Astronomie und Astronautik.

Eine ständige Aufgabe ist die Urlauberbetreuung. In 13 Vorträgen und Führungen zeigten wir mit unserem Spiegelteleskop 202 Besuchern den gestirnten Himmel und versuchten, ihnen den Aufbau des materialistischen Weltbildes zu vermitteln. Diese Führungen fanden an jedem sichtbaren Donnerstag während der Urlaubersaison statt.

9 Veranstaltungen wurden mit Schulklassen und Feriengruppen als geschlossene Lehrabende an besonderen Wochentagen vereinbart. Daran nahmen 241 Schüler und Schülerinnen teil.

Insgesamt besuchten 446 auswärtige Gäste unsere Volkssternwarte.

Wir nahmen korporativ an der Sternwartenweihe in Zittau teil, besuchten am 3.5. die private Wetterwarte im benachbarten Olbersdorf.

Unsere Sternwarte erhielt in diesem Jahr eine neue Gasheizung (Außenwandlerhitzer).

Jenaer Rundschau

Das Heft 6 1968 der „Jenaer Rundschau“, deren Herausgeber der Generaldirektor des VEB Carl Zeiß ist, enthält ausschließlich astronomisch interessante Beiträge. Im Jahr 1960 lieferte der weltbekannte Jenaer Betrieb sein erstes 2 m-Spiegelteleskop aus. Um dieses Instrument ordnen sich mehrere Artikel des Heftes.

Im Beitrag von NIKOLAUS RICHTER vom Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg wird über die bisherigen Erfahrungen mit dem ersten 2 m-Teleskop des VEB CZ berichtet. Der Leser erhält Aussagen über die hohen optischen Qualitäten in allen drei optischen Systemen des Instrumentes. Es wird dabei auch mit dem amerikanischen Schmidt-Teleskop des Mt. Palomar Observatoriums verglichen. In der Veröffentlichung kommt zum Ausdruck, daß auf der Schmidt-Optik in einem Scheibchen von nur 2 Bogensekunden Durchmesser, das sind auf der Photoplatte etwa 0,04 mm, die gesamte Strahlung eines Sternes vereinigt wird. Es wird aber auch gezeigt, daß die Luftunruhe dies nicht immer zuläßt.

Des weiteren berichtet der Autor über die in Tautenburg für die Photometrie verwendeten Farbbereiche und über die erreichbaren photometrischen Genauigkeiten. Dabei müssen die Zahlenwerte aber wohl in der Abbildung 6 auf der Abzisse (Helligkeitsskala) den umgekehrten Verlauf haben.

Neben den Erfahrungen über die optischen Daten des Teleskops werden auch Aussagen über Forschungsprogramme mit dem Instrument gemacht. Hier sei nur der „Tautenburger Felderplan“ erwähnt, der unter anderem der Statistik extragalaktischer Objekte dient.

Der Beitrag „Extragalaktische Forschungen“ (WERNER BRONKALLE, HANS OLEAK, HANS-JÜRGEN TREDER, PETER NOTNI) steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit dem Tautenburger Spiegelteleskop. Als wichtigste Erkenntnis der relativistischen Kosmologie nennen die Autoren die Einsicht, daß das Universum ein Evolutionskosmos ist, dessen grundlegendes Phänomen die universelle Expansion des kosmischen Raumes ist, die sich in der Rotverschiebung der Spektrallinien der Galaxien widerspiegelt. Verschiedene theoretische Weltmodelle bemühen sich, diese allgemeine Entwicklung des Kosmos zu beschreiben. Unterschiede zwischen den verschiedenen Weltmodellen werden aber erst deutlich beim Vordringen der Forschung in Entfernungen von Milliarden von Lichtjahren. Dies verlangt den Einsatz größter Beobachtungsinstrumente, mit denen Entfernungsbestimmungen der entferntesten Galaxien durch Beobachtung von deren integralen Eigenschaften (z. B. scheinbare Helligkeit, scheinbarer Durchmesser) möglich sind.

Des weiteren kann man das 2 m-Spiegelteleskop als Schmidt-System unter Zuhilfenahme eines Objektivprismas geringer Dispersion benutzen, um Galaxien mit besonders hohem UV-Anteil in der Strahlung zu finden. Diese abnormen Objekte, sog. quasistellare Galaxien, müssen dann in Einzeluntersuchungen genauer erforscht werden. Das wäre beim 2 m-Teleskop durch Einsatz von Bildwandlern möglich. Der Artikel zeigt viele Probleme der extragalaktischen Astronomie, und Lösungswege dazu mit dem Tautenburger Instrument.

In einem anderen Beitrag werden von ERICH BARTL die Beobachtungsergebnisse der interessanten Nova Delphini 1967, wie sie mit dem Cassegrain-Spektrographen des 2 m-Spiegels erhalten wurden, beschrieben. Die Beobachtungen wurden bei einer Dispersion von 30 Å/mm

durchgeführt. Diese Nova war deshalb besonders interessant, weil sie erst fünf Monate nach ihrer Entdeckung durch Alcock (Entdeckungshelligkeit war 5. Größe) mit 3,5 Größenklassen ihre Maximalhelligkeit erreichte und nach 10 Monaten noch immer ihre Entdeckungshelligkeit hatte. Dies erlaubte eine umfangreiche spektrographische Beobachtung. In guten Abbildungen werden Spektrumsausschnitte aus dem Zeitraum 1967 August 8. bis 1968 Mai 11. gezeigt. Besonderheiten der beobachteten Spektren werden kurz beschrieben. Auch dieser Artikel zeigt Einsatzmöglichkeiten des 2 m-Teleskopes.

Die Bedienung eines Instrumentes von 2 m freier Öffnung geschieht nicht nur in der Kuppel, sondern soll auch aus den Räumen, in denen die Coude-Spektrographen stehen, ohne zusätzliche Hilfskraft in der Kuppel möglich sein. Dies verlangt ein selbständiges Nachrücken der Kuppel bei Bewegung des Beobachtungsinstrumentes. Von ALFRED JENSCH und MANFRED STEINBACH werden kurz verschiedene Möglichkeiten dazu diskutiert und dann etwas ausführlicher die für die in Jena produzierten 2 m-Teleskope gewählte. In Jena hat man zur Lösung der Aufgabe einen elektromechanischen Analogrechner in Form eines Modells des Systems Teleskop-Kuppel gewählt.

In dem Artikel „Über Probleme, Aufgaben und Arbeitsmittel der Sonnenforschung“ von FRIEDRICH WILHELM JÄGER erfährt der Leser einiges über die Untersuchung der ruhigen und der aktiven Sonne. Die ruhige Sonne wird charakterisiert durch den allgemeinen physikalischen Aufbau, der über lange Zeiträume praktisch konstant ist. Die Aktivitäten der Sonne, die zeitweise und in begrenzten Teilen der Sonnenoberfläche wirken, spielen energetisch für den Gesamtenergiehaushalt der Sonne keine Rolle. Die bekannteste Aktivitätserscheinung sind die Sonnenflecke. In dem Beitrag der Jenaer Rundschau wird aber auch etwas über Fackeln, chromosphärische Eruptionen und Protuberanzen gesagt. Lokale Magnetfelder unterschiedlicher Stärke und Struktur werden als Ursachen der vielfältigen Phänomene der Sonnenaktivität benannt. Des weiteren werden spezielle Sonnenbeobachtungsinstrumente kurz beschrieben und hier in der Hauptsache die des Einsteinturms in Potsdam, der 1924 in Betrieb genommen wurde und dessen optisches und mechanisches Instrumentarium in Jena konstruiert und gefertigt wurde.

Genau wie die Beobachtung der Sonne große Bedeutung für die Gewinnung von Erkenntnissen über die Sternentwicklung überhaupt hat, interessieren die veränderlichen Sterne nicht, weil sie pathologische Einzelfälle unter den vielen Sternen darstellen, sondern oft ganz besondere, gesetzmäßige Phasen der Sternentwicklung. Diesen Gedanken trifft man immer wieder in dem Beitrag von WOLFGANG WENZEL über die „Erforschung der veränderlichen Sterne“. Der Autor schreibt, daß man zur Lösung der Probleme sowohl die Statistik als auch die Physik der Veränderlichen bearbeiten muß. Beide Aufgaben erfordern von seiten der Beobachtung ein besonderes Instrumentarium. Die Statistik kann man vorantreiben durch weitreichende, große Felder umfassende photographische Aufnahmen, die Physik z. B. durch den Einsatz hochauflösender Spektrographen an großen Teleskopen. Auch dazu informiert der Beitrag in der Jenaer Rundschau sehr gut. Instrumentell wird auch hier wieder eine wesentliche Voraussetzung vom VEB CZ geschaffen.

Neben den neuen, großen Teleskopen haben Instrumente mit kleinen Öffnungen, deren prinzipieller Aufbau oft schon vor einigen 100 Jahren erfunden wurde, für die heutige Wissenschaft noch ihre Bedeutung. Dies kommt sehr gut in dem Beitrag von SIEGFRIED WÄCHTER „Beobachtungen am Passage-Instrument 100 1000 aus Jena“ zum Ausdruck. Das Passage-Instrument wurde vor etwa 300 Jahren von Olaf Römer entworfen. Mit diesem Typ werden heute notwendige Beobachtungen zur Zeitbestimmung und zur Breitenbestimmung, die wiederum für die Polbewegung wichtig ist, gesammelt. SIEGFRIED WÄCHTER beschreibt in der Veröffentlichung besonders das Prinzip des Passage-Instrumentes 100 1000 aus Jena. Nach einer Diskussion der hauptsächlichsten Beobachtungsverfahren wird über Beobachtungen mit dem Gerät des Dresdener Lohrmann-Institutes berichtet. Zum Abschluß beschäftigt sich der Autor mit möglichen Verbesserungen des Instrumententyps, die seine Bedeutung für astrometrische Präzisionsbeobachtungen noch erhöhen könnten.

Der Beitrag „Atlas Stellarum 1950,0“ von HANS VEHRENBURG macht ebenfalls deutlich, welche astronomisch wichtigen Arbeiten mit relativ kleinen Instrumenten geleistet werden können. HANS VEHRENBURG, ein bekannter Amateurastronom, hat mit einer Amateurastronomiekamera 56 250 aus Jena begonnen, dann mit dem Jenaer-Vierlinser 120 540 weitergearbeitet, einen für astronomische Arbeiten besonders von Liebhaberastronomen wichtigen Sternatlas zu schaffen. Die bei dieser Arbeit auftretenden Probleme und auch das erhaltene Ergebnis beschreibt der Autor in seinem Beitrag.

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.-Gewi, Herbert Pfaffe

Über die Weltraumaktivität Japans

1. Die Weltraumaktivität kann in zwei Kategorien eingeordnet werden: die wissenschaftliche Erforschung des Weltraums und die praktische Nutzung künstlicher Satelliten auf solchen Gebieten wie Nachrichtenwesen, meteorologische Messungen, Navigation und geodätische Vermessungen. In Japan befassen sich mit diesen beiden Arten der Weltraumaktivität sowohl Einrichtungen der Regierung als auch der Universitäten nach den Grundsätzen, die durch den Nationalen Rat für Weltraumaktivität in den Berichten und Vorschlägen aufgestellt wurden, die er dem Ministerpräsidenten unterbreitet.

2. Der Nationale Rat für Weltraumaktivität ist ein beratendes Organ beim Ministerpräsidenten. Eine seiner Funktionen besteht darin, die wichtigen Geschehnisse im Zusammenhang mit der friedlichen Nutzung und Erforschung des Weltraums zu untersuchen und einzuschätzen. Er verfaßte auch die Gutachten, die vom Ministerpräsidenten angefordert wurden, und unterbreitet ihm Vorschläge, soweit es seine Mitglieder für notwendig halten. Die 30 Mitglieder des Rates setzen sich aus Angehörigen von Regierungseinrichtungen und erfahrenen Gelehrten zusammen. Die Sektion Astronautik im Weltraum beim Büro für die Koordinierung der Forschung in der Abteilung Wissenschaft und Technologie dient dem Rat als Sekretariat.

3. Die Universität von Tokyo spielt die führende Rolle in der Erforschung des Weltraums durch ihr Institut für Weltraum- und Raumfahrtwissenschaften unter der Leitung des Ministeriums für Education. Noch vor kurzem wurde die Forschung mit so beschränkten Mitteln wie Raumsonden, Ballons und Bodenbeobachtung durchgeführt. Allmählich aber hat der Fortschritt in der Technik der Raumsonden es möglich gemacht, Trägerraketen herzustellen, die imstande sind, künstliche

Satelliten auf eine Umlaufbahn zu bringen. Angesichts dessen wurde einem Programm für Satelliten für die wissenschaftliche Forschung zugestimmt, welches die Trägerrakete vom Typ μ benutzt, die von dem Institut entwickelt wurde. Ziel des Vorhabens ist, Messungen und Beobachtungen von Elektronen, Ionen, subatomarer Partikel, Korpuskular-Strahlen, der Sonne usw. mit Hilfe von Satelliten durchzuführen. Über diese Messungen wurde nach einer Diskussion mit Wissenschaftlern von den Universitäten und Instituten des ganzen Landes über den gegenwärtigen Stand der Technologie und die Bedeutung jeder Messung vom Institut entschieden.

4. Das nationale Weltraumentwicklungszentrum der Wissenschafts- und Technologieeinrichtung ist die zentrale Organisation für die Forschung und die Entwicklung der praktischen Nutzung künstlicher Satelliten. Das Zentrum arbeitet jetzt an einem Programm, 1971 Versuchsnutzungssatelliten zu starten, die Messungen und Beobachtungen durchführen sollen. Die praktische Nutzung der Satelliten erfordert aber die Koordination mit anderen Einrichtungen. Deshalb hat das Zentrum die Entwicklung von Raumfahrzeugen zum Feld seiner Aktivität bestimmt, nämlich die Entwicklung der allgemeinen grundlegenden Komponenten der Satelliten, die Anlage von Starteinrichtungen und Einrichtungen für die Verfolgung von Satelliten. Die Systeme für die Satellitennutzung, die Bodeneinrichtungen eingeschlossen, müssen von den Einrichtungen und Korporationen, welche mit Verkehrswesen, Meteorologie, Navigation, Geodäsie usw. betraut sind, selbständig entwickelt werden.

5. Das Institut für Weltraum- und Raumfahrtwissenschaften, das nationale Weltraumentwicklungszentrum und das nationale Luftraumlaboratorium führen die Forschung und Entwicklung der Trägerraketen und Raumsonden in Japan durch. Jede dieser Einrichtungen hat bereits verschiedene Raketentypen entwickelt. Das Institut für Weltraum- und Raumfahrtwissenschaften hat die Trägerrakete vom Typ μ entwickelt und arbeitet jetzt daran, sie zu verbessern, um von 1968 ab jährlich mehrere Satelliten zu starten. Die Trägerrakete wird aber in ihren Abmessungen nicht vergrößert werden. Andererseits hat das nationale Weltraumentwicklungszentrum eine Trägerrakete in Vorbereitung, die aus drei festen und einer Flüssigkeitsstufe besteht. Die ersten und zweiten Stufen dieser Trägerrakete sollen vergrößerte Trägerraketen vom Typ μ sein. Das Zentrum ist mit Unterstützung des nationalen Luftraum-Laboratoriums mit der Erforschung und Entwicklung von Japans erster Rakete beschäftigt, die einen flüssigen Antrieb benutzt.

6. Wie oben erwähnt, wird alles, was mit der Erforschung und Entwicklung von Systemen der praktischen Nutzung von Satelliten zusammenhängt, von dem Ministerium, der Einrichtung oder der Korporation behandelt, die am besten dazu geeignet ist. Das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen, die japanische Rundfunkgesellschaft und die Allgemeine Japanische Telegraphen- und Telefongesellschaft haben beschlossen, die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Satellitennachrichtenwesens im Hinblick auf den Start von Versuchsnutzungssatelliten im Jahre 1971 zu unternehmen.

Nach dem Beitritt Japans zu dem Übereinkommen, vorläufige Vorkehrungen für ein weltumspannendes kommerzielles Satellitennachrichtenwesen zu treffen, hat die Kokusai Denshin Denwa GmbH eine besondere Vereinbarung unterzeichnet, die sie eine designierte Einheit des Nachrichtenwesens nennt. Die Gesellschaft ist hauptsächlich an der Erforschung und Entwicklung von Bodeneinrichtungen für das globale System interessiert.

Das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen ist außer an seinem Satellitenentwicklungsprojekt an solchen gemeinschaftlichen internationalen Programmen wie dem ATS-Programm und dem Programm für die Beobachtung der Ionosphäre

durch ballistische Meßraketen beteiligt. Die Radioforschungslaboratorien des Ministeriums leiten die meisten solcher nationalen und internationalen Programme.

7. Die meteorologische Abteilung des Ministeriums für Transportwesen hat ab 1967 die Erforschung und Entwicklung der von Satelliten getragenen Instrumente für die meteorologische Beobachtung begonnen. Für die Benutzung in der Wettervorhersage hat die Abteilung einen Empfänger installiert, um die Signale von den APT-Sendern aufzufangen, die von US-Meteorologiesatelliten mitgeführt werden. Die Abteilung führt auch meteorologische Messungen mit Hilfe von Meßraketen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Weltraum- und Raumfahrtwissenschaften durch. Diese Bemühungen führten zu einem gemeinschaftlichen japanisch-amerikanischen Projekt für den Vergleich der Betriebsweise und der Daten, die von den meteorologischen Meßraketen systemen der beiden Länder erlangt werden.

8. Da Japan eine große Zahl von Fischereiboote hat, die zu klein sind, um eine komplexe Navigationsausrüstung mitzuführen, ist es an der praktischen Verwendung künstlicher Satelliten für die Navigation besonders interessiert. Die Abteilung für elektronische Navigation des Schiffahrtswissenschaftsinstitutes beim Ministerium für Transportwesen ist mit der Erforschung und Entwicklung von Navigationssatellitensystemen beschäftigt. In die Versuche mit den Nutzungssatelliten könnten grundlegende Navigationssysteme einbezogen werden.

9. Die sich mit geodätischen Satelliten beschäftigende Forschung und die Entwicklung eines Systems für ihre praktische Anwendung sind Aufgaben, welche die Abteilung für Seesicherheit beim Ministerium für das Transportwesen und das Institut für geographische Vermessungen beim Ministerium für das Bauwesen übernommen haben. Japan hat schon einigen Vorteil aus den geodätischen Satelliten gezogen, da es den beiden Abteilungen gelungen ist, die Lage einiger entfernterer Inseln Japans durch die Benutzung amerikanischer geodätischer Satelliten genauer zu bestimmen. Das geographische Milieu Japans macht die Benutzung der geodätischen Satelliten für das Land um so bedeutungsvoller.

10. Der Tatsache bewußt, daß das nationale allgemeine Niveau der industriellen Technologie die Durchführung nationaler und internationaler Weltraumprogramme wesentlich beeinflußt, gewährt die Abteilung für industrielle Wissenschaft und Technologie des Ministeriums für den internationalen Handel und die Industrie zusätzlich zu der regulären Forschungsarbeit, die in den Laboratorien unter seiner Kontrolle durchgeführt werden, Unterstützungen für private Untersuchungen, um den technischen Fortschritt zu fördern.

11. Es ist die Aufgabe des Büros der Wissenschafts- und Technologieabteilung für die Koordinierung der Forschung, die verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu koordinieren. Im besonderen wird die Koordination der Luftfahrtforschung von der Aeronautischen- und Raumforschungssektion des Büros vorgenommen. Hier wird die nationale Weltraumpolitik gesteuert.

Die Sektion ist gegenwärtig mit der Koordinierung der Projekte beschäftigt, die auf den Start eines Versuchsnutzungssatelliten im Jahre 1971 abgestellt sind.

12. Das Ministerium für Auswärtige Angelegenheiten ist das „Fenster“ für gemeinschaftliche internationale Programme. Die internationalen Programme, die mit der friedlichen Nutzung und Erforschung des Weltraums zu tun haben, werden allgemein vom Büro für Koordination der Forschung vorgeschlagen und behandelt. Solche Abkommen wie INTELSAT aber werden durch die Regierungsabteilung, die die Aufgabe am besten wahrzunehmen vermag, behandelt.

Der Wissenschaftsrat Japans nimmt am Internationalen Rat der wissenschaftlichen Vereinigungen teil und unterstützt seine Programme internationaler Zusammenarbeit aktiv.

13. Private Unternehmungen können das Weltraumprogramm der Nation als individuelle (kontraktischließende) Lieferanten unterstützen und tun es auch. Aber nur durch ein Organ wie das Komitee für die friedliche Nutzung des Weltraums von Keidaren (Förderung ökonomischer Organisationen) kann die integrierte Ansicht der Industrien Japans, die sich mit dem Weltraum befassen, zum Ausdruck gebracht werden.

Internationale Zusammenarbeit

Satellitennachrichtenwesen

Entsprechend dem Memorandum des Übereinkommens zwischen dem Ministerium für Post- und Fernmeldewesen und der nationalen Luftfahrt- und Weltraumbehörde (NASA) der USA vom November 1962 über die Zusammenarbeit bei der Erprobung von Versuchsnachrichtensatelliten, die von der NASA gestartet werden, wurden viele nützliche Versuche in Sprach-, Fernseh- und Bildübertragung unter Benutzung der USA-Satelliten Relay I und II, Telstar II und Syncom III zwischen Japan einerseits und den USA, Frankreich, den skandinavischen Ländern und der Bundesrepublik Deutschland andererseits erfolgreich durchgeführt. Die großartigste internationale Zusammenarbeit zeigte sich in der transpazifischen Echtzeitübertragung von Fernsehbildern der Olympischen Spiele von Tokyo von der Bodenstation der Radioforschungslaboratorien (Radio Research Laboratories: RRL) bei Kashima nach Point Mugu der USA über Syncom III im Oktober 1964. Im Dezember 1966 schloß sich auch ATS (Applications Technology Satellite – Einsätze von Technologie-Satelliten) den gemeinsamen Versuchsvorhaben von RRL und NASA an.

Japan beteiligt sich an dem internationalen Konsortium für Fernmeldetechnik-satelliten (INTELSAT: International Telecommunications Satellite Consortium), das als Interimsregelung für ein weltumfassendes kommerzielles Nachrichtensatellitensystem im August 1964 gegründet wurde. Die Kokusai Denshin Denwa GmbH (KDD) wurde als der Vertreter des Nachrichtenwesens Japans in das Konsortium designiert.

Meteorologie

Ein Übereinkommen, eine Reihe gemeinschaftlicher Starts von meteorologischen Raketen durchzuführen, wurde im Dezember 1966 zwischen Japan (Abt. Wissenschaft und Technologie und Meteorologische Abteilung) und den USA (NASA) getroffen. Die gemeinschaftlichen Starts nach diesem Übereinkommen von japanischen meteorologischen Meßraketen MT-135 und USA-Meßraketen Arcas und Boosted-Dart von NASAs Wallops Station sollen Vergleichsdaten der verschiedenen Nutzlasten und der Betriebscharakteristiken der Raketen erlangen und auch zusätzliche Informationen über die täglichen Wind- und Temperaturzyklen in der Stratosphäre geben.

Geodäsie

Gemäß einem Übereinkommen, das zwischen Japan und den Vereinigten Staaten im September 1966 erzielt wurde, wurde eine zeitweilige Bodenbeobachtungsstation von der „USA-Küsten- und Erdvermessung“ in der Nachbarschaft der Stadt Kanoya Kyuschu eingerichtet. Die Aufgabe dieser Station besteht darin, durch Kameraeinrichtungen den passiven geodätischen Satelliten (Passive Geodetic Satellite: PAGEOS) zu beobachten, der von der NASA im Juni 1966 als Teil ihres nationalen geodätischen Satellitenprogramms gestartet wurde.

Andere wissenschaftliche Experimente

Die Resonanzsonde, ein Instrument zur Messung der Elektronendichte und der Temperatur in der Ionosphäre, wurde in USA-Meßraketen von der Wallops-Station

der NASA im April und Mai 1962, im September 1963 und im Oktober 1964 geflogen. Diese Experimente wurden als gemeinschaftliches Programm von RRL und NASA durchgeführt.

Die systematische Beobachtung eines NASA-Satelliten OGO-A, um das Profil der Ionendichte in der Ionosphäre zu studieren, wurde im September 1964 als Gemeinschaftsprogramm des Ionosphärenlaboratoriums der Kyotoer Universität und des Radiowissenschaftslaboratoriums der Stanford-Universität, USA begonnen.

Ein internationaler Vergleich der Normaluhren Japans und der Vereinigten Staaten wurde via Relay III vom 15. bis 20. Februar 1965 in Zusammenarbeit der Radioforschungslaboratorien und des Tokyoer Astronomischen Observatoriums in Japan sowie der Seewarte und der NASA der Vereinigten Staaten vorgenommen.

Als Mitglied des Internationalen Rates wissenschaftlicher Gemeinschaften (ICSU) und seiner Mitgliedorganisationen wie des Komitees für Weltraumforschung (COSPAR), der Internationalen Gemeinschaft für Geodäsie und Geophysik (IUGG), des Internationalen Geophysikalischen Komitees (IGC), der Internationalen Astronomischen Union (IAU), der Internationalen Wissenschaftlichen Radiovereinigung (URSI) usw. arbeitet der Wissenschaftsrat Japans aktiv in den wissenschaftlichen Weltraumunternehmungen mit der wissenschaftlichen Weltgemeinschaft zusammen.

Wissenschaftlicher und technischer Aspekt

Die wissenschaftliche und technische Unterkommission hat seit ihrer Einsetzung sehr wertvolle Arbeit auf den ihr zugewiesenen Gebieten geleistet: Austausch von Informationen, Förderung internationaler Programme, internationale Einrichtungen für den Start von Meßraketen, Ausbildung und Schulung.

Unter der Rubrik „Austausch und Information“ wurde beschlossen, daß das UN-Sekretariat auf der Grundlage der Information, die von den Mitgliedstaaten gegeben wird, jährlich einen Überblick über die internationalen und gemeinschaftlichen internationalen Weltraumprogramme zusammenstellen sollte. Kopien dieses Überblicks müssen zusammen mit einem Bericht über die Verfügbarkeit von Raumausbildungs- und Schuleinrichtungen und Studienplätzen, den nationalen Büchereien, den Herausgebern geeigneter Zeitschriften und anderen Einrichtungen in der ganzen Welt zur Verfügung stehen. Die japanische Regierung hat dem UN-Sekretariat reichliche Informationen für seine Zusammenstellung dieses Überblicks und dieses Berichtes geliefert.

Unter der nächsten Rubrik „Förderung von internationalen Programmen“ hat Japan eine bedeutende Rolle bei solchen internationalen wissenschaftlichen Programmen gespielt wie dem „Internationalen Geophysikalischen Jahr“ von Mitte 1957 bis zum Ende 1958 (IGY), den „Internationalen Jahren der ruhigen Sonne“ von 1964 bis 1965 (IQSY) und der „Weltmagnetischen Messung“ von 1961–1964 (WMG). Japan ist auch eifrig an den Nach-IQSY-Programmen beteiligt. Japans Teilnahme am Satellitennachrichtenwesen, den meteorologischen, geodätischen und anderen internationalen Experimenten in der Raumwissenschaft ist in diese Kategorie einbezogen und sollte entsprechend gefördert werden. Auf Initiative der Raumforschungskommission ist eine sehr wichtige Untersuchung über die Errichtung eines zivilen weltumspannenden Navigationssatellitensystems begonnen worden. Man hofft, daß Japan als ein auf diesem besonderen Felde fortgeschrittenes Land bei der Arbeit der Unterkommission zur Errichtung des Systems seinen Beitrag leisten kann.

Als Indien um die Gewährung einer UN-Patenschaft für eine Startstation für seine Thumba-Äquatorial-Rakete (TERLS) im Staate Kerala (Indien) ersuchte, schickte

die Weltraumkommission im Januar 1964 eine Gruppe von 6 Sachverständigen, unter denen ein japanischer Wissenschaftler war, um das Gelände und die Einrichtungen in Indien zu prüfen. Später, im Jahre 1965, wurde TERLS eine UN-Patenschaft gewährt, und sie arbeitet jetzt als eine „Internationale Starteinrichtung für Meßraketen“.

Unter der letzten Rubrik „Ausbildung und Schulung“ hat das UN-Sekretariat Berichte zusammengestellt über Material, das die Zwecke und Möglichkeiten der Aktivitäten im Weltraum und über Einrichtungen für Ausbildung und Schulung in den fundamentalen Gegenständen der friedlichen Nutzung des Weltraums populär macht. Die Informationen, die diese Dokumente enthalten, sind für die Mächte von Nutzen, die an der Eroberung des Weltraums nicht beteiligt sind, aber an den Vorteilen teilhaben wollen, die sich aus den Aktivitäten der Raumforschung ergeben.

Aus: Science and Technology Agency / Prime Minister's Office, Japan

Zur Strahlenexposition bei Orbitalflügen

HANS SWART

Mit den erfolgreichen Erprobungen des Raumlaboratoriums Sojus schuf die Sowjetunion die Grundlage zur Errichtung größerer Raumstationen, die über Monate oder Jahre hinweg von Kosmonauten besetzt werden können. Die Frage nach der Strahlengefährdung der Kosmonauten bei zukünftigen langdauernden Orbitalflügen wird dadurch aktuell. Die Existenz der Strahlungsgürtel beeinflusst z. B. in hohem Maße die Wahl der Umlaufhöhe dieser Raumstationen. Die Bahnhöhe ergibt sich dabei als optimaler Kompromiß zwischen der natürlichen Abbremsung der Station durch die Atmosphäre und der zumutbaren Strahlenexposition der Besatzung. Es gilt den Massenaufwand so gering wie möglich zu halten, der einerseits in Form von Triebwerken und Treibstoff zur Kompensierung der Bremswirkung und andererseits als massive bzw. elektromagnetische Abschirmung der Strahlung benötigt wird.

Über die im Weltraum auftretenden ionisierenden Strahlungen sowie Grundlagen des Strahlenschutzes wurde in dieser Zeitschrift bereits früher berichtet (1). Im folgenden sollen einige neue Erkenntnisse dargelegt werden, die insbesondere bei den Gemini-Flügen gewonnen wurden.

In Tabelle 1 sind die mittleren Strahlungsdosen zusammengefaßt, die während einiger sowjetischer und amerikanischer Raumflüge nach Angaben der individuellen Dosimeter von den Besatzungsmitgliedern aufgenommen wurden (2,3). Obwohl die Strahlenexposition bei diesen Flügen in Abhängigkeit von Flugdauer, Bahnhöhe und „Strahlungswetter“ starken Schwankungen unterlag, war in keinem Falle Anlaß zur Besorgnis gegeben. Die akkumulierten Dosen lagen fast ausschließlich um zwei bis drei Größenordnungen unter der Gefährdungsgrenze von 25 rem.

Eines der wichtigsten Ergebnisse der Höhenflüge von Gemini 10 und 11 ist die Erkenntnis, daß bemannte Missionen auch in größeren Höhen mit relativ geringfügiger Strahlenexposition durchgeführt werden können. In einer Höhe um 1000 km ist sogar noch eine Aktivität der Kosmonauten außerhalb des Raumschiffes möglich, wenn dabei der Bereich der südatlantischen Anomalie gemieden wird (4).

Die südatlantische Anomalie ist in Abb. 1 dargestellt. Der Kern des Erdmagnetfeldes kann angenähert als magnetischer Dipol im Zentrum der Erde beschrieben werden. Genaugenommen ist aber dieser imaginäre Dipol von der Rotationsachse seitlich verschoben und zu ihr geneigt. Infolgedessen reicht auch der Strahlungsgürtel auf der einen Seite der Erdkugel südlich des Äquators näher an die Erdoberfläche heran. Da das Erdmagnetfeld mit der Erde rotiert, ist diese Annäherung auf 200–300 km Höhe über dem Südatlantik örtlich fixiert und wird „südatlantische Anomalie“ genannt.

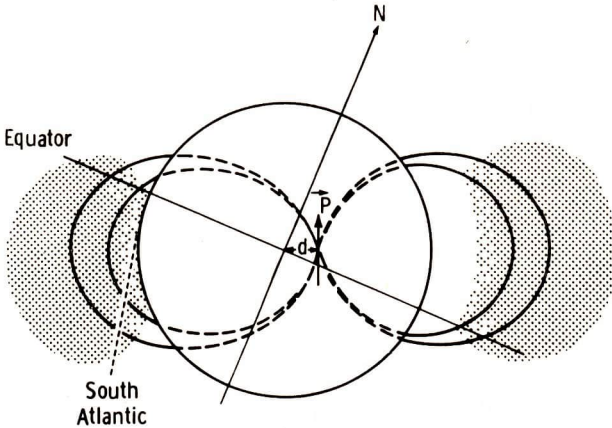


Abb. 1: Südatlantische Anomalie.

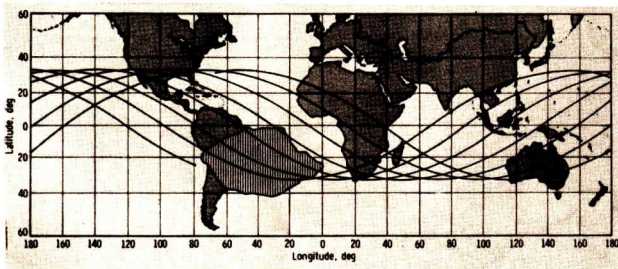


Abb. 2. Querschnitt durch die südatlantische Anomalie in 300 km Höhe.

Tabelle 1: Strahlenexposition von Kosmonauten bei Orbitalflügen

Raumflug	Flugdauer h	Höhenbereich km	Aufgenommene Dosis (mrad)	
			Kommandant	Kopilot
Wostok 1	1,8	181–327	0,5	—
Wostok 2	25,3	183–244	13 ± 2	—
Wostok 3	94,4	181–235	64 ± 1	—
Wostok 4	71,0	180–237	48 ± 1	—
Wostok 5	119,1	175–222	75 ± 2	—
Wostok 6	70,8	181–232	48 ± 1	—
Woßchod 1	24,3	178–408	30	30; 30
Woßchod 2	26,0	173–498	73	73
Gemini 3	4,9	159–229	<20	42 ± 15
Gemini 4	98,0	164–243	42 ± 4,5	50 ± 4,5
Gemini 5	190,9	167–336	182 ± 18,5	170 ± 10
Gemini 6	25,3	161–298	25 ± 2	23 ± 2
Gemini 7	339,6	161–326	155 ± 9	170 ± 10
Gemini 8	10,7	160–298	<10	10
Gemini 9	72,3	159–297	17 ± 1	22 ± 1
Gemini 10	70,6	165–767	670 ± 6	765 ± 10
Gemini 11	71,2	161–1369	29 ± 1	26 ± 1
Gemini 12	94,6	160–347	<20	<20

Tabelle 3: Zu erwartende Dosisleistung (rem/d) bei Orbitalflügen

Bahn- höhe km	Inkli- nation Grad	Abschirmung		1 g/cm ² SG	SF u. GKS	10 g/cm ² SG	SF u. GKS
		0,1 g/cm ² SG	SF u. GKS				
300	0	3 · 10 ²	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	90	5 · 10 ¹	250	<0,1	6	<0,1	0,2
400	0	2 · 10 ²	<0,1	1,3	<0,1	0,3	<0,1
	90	4 · 10 ²	300	0,3	8	<0,1	0,2
600	0	1 · 10 ⁴	<0,1	6,5	<0,1	2	<0,1
	90	3 · 10 ³	500	1,3	10	0,4	0,2
1000	0	1 · 10 ⁵	<0,1	65	<0,1	16	<0,1
	90	3 · 10 ⁴	800	20	12	5	0,2
3000	0	3 · 10 ⁵	<0,1	1300	<0,1	330	<0,1
	90	1 · 10 ⁵	1200	400	15	110	0,3
10 000	0	1 · 10 ⁶	<0,1	35	<0,1	10	<0,1
	90	4 · 10 ⁵	2 · 10 ³	12	18	3	0,4
31 000	0	4 · 10 ⁵	50	3	50	0,5	0,9
	90	1 · 10 ⁵	4 · 10 ³	0,6	50	0,1	0,9

Bemerkung: SG Strahlungsgürtel, SF Sonnenflares, GKS Galaktische Kosmische Strahlung

Tabelle 2: Dosisleistung bei der Durchquerung der südatlantischen Anomalie in Gemini 4 während der 7. Erdumkreisung

Zeit min	Dosisleistung mrad/h	Zeit min	Dosisleistung mrad/h
0	1,1	8	75
1	9	9	70
2	20	10	50
3	25	11	30
4	35	12	15
5	60	13	9
6	100	14	3
7	90	15	0,6

Abb. 2 zeigt den Querschnitt der südatlantischen Anomalie in einer Höhe von 300 km. Eingezeichnet ist die Trasse einer Umlaufbahn mit 28,5 Grad Neigung. Es ist ersichtlich, daß bei dieser Bahnneigung die Anomalie in ihrer größten Ausdehnung durchflogen wird, die Strahlenexposition daher maximal ist. Bahnen mit hoher Inklination durchqueren die Anomalie in der geringeren Nord-Süd-Ausdehnung; die Strahlenbelastung ist entsprechend geringer. Raumschiffe in einer äquatorialen 300-km-Bahn würden die Anomalie fast gänzlich meiden. Tabelle 2 zeigt den Verlauf der Dosisleistung im Inneren von Gemini 4 während der Durchquerung der südatlantischen Anomalie in der 7. Erdumkreisung. Der Strahlenfluß stieg dabei für kurze Zeit auf das Hundertfache an (5).

Der Höhenflug von Gemini 10 führte durch die südatlantische Anomalie. Die mit steigender Höhe rasch zunehmende Dosisleistung bewirkte dann auch die im Vergleich zu anderen Raumflügen relativ hohen, von den Astronauten Young und Collins aufgenommenen Strahlendosen. Dagegen trat bei Gemini 11 in einer Höhe von rund 1300 km über Australien keine nennenswerte Strahlung auf.

HAFFNER (6) gibt für die bei Orbitalflügen zu erwartende Strahlenexposition die in Tabelle 3 zusammengefaßten Werte an. Sie gelten für die Zeit maximaler Sonnenaktivität. Der berechneten Dosis aus Sonnenflares liegt eine Wahrscheinlichkeit von 1 Prozent zugrunde; d. h. diese Dosis wird mit 99 Prozent Wahrscheinlichkeit nicht überschritten. Nach diesen Angaben darf man die Errichtung zukünftiger Raumstationen in Höhen zwischen 250 und 450 km erwarten.

Als Strahlenschutzmaßnahmen wären in erster Linie eine genügend starke Abschirmung und die ständige Überwachung der Sonnenaktivität zu nennen. Nach der Ankündigung von Sonnenflares begibt sich die Besatzung in einen speziellen Strahlenschutzraum. Gegenwärtig können dazu die dickwandigeren Landekapseln dienen. Unter der Voraussetzung, daß die Besatzung nach 1,5 Monaten ausgewechselt wird und bis dahin höchstens eine Dosis von 25 rem aufgenommen haben darf, muß die Abschirmung einer Raumstation in 400 km Höhe bei 0 Grad Bahnneigung 4 g/cm² und bei 90 Grad Bahnneigung 6 g/cm² betragen. Für Prophylaxe und Therapie werden außerdem in der Bordapotheke chemische Strahlenschutzpräparate und Medikamente mitgeführt.

Literatur:

1. Swart, H., *Astronomie und Raumfahrt* 4, (1966), S. 119-23; 5, (1967), S. 23-32 u. 57-64.
2. Voskresenskij, A. D. u. a., „Vtoroj gruppovoj kosmiceskij polet“, Moskau 1965, S. 203.
3. „Gemini Summary Conference“, Febr. 1-2, 1967, Houston, Tex., NASA SP-138, Washington 1967, S. 202. — 4. ebenda S. 149-57. — 5. ebenda S. 314. — 6. Haffner, J. W., „Radiation and Shielding in Space“, New York 1967, S. 306.

Möglichkeiten und Grenzen der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Raketentechnik

W. STRUBELL

Meß- und Regelungstechnik nutzt der geistig und materiell produzierende Mensch schon seit altersher. In neuerer Zeit wird jedoch immer vielfältiger von modernen Methoden der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik unter Einsatz automatisch arbeitender Systeme der Datenerfassung und Datenverdichtung, der Prozeß- und Steuerungsautomatisierung sowohl im Raketenbau als auch bei der Fernlenkung von Raketen und Raumsonden berichtet. Auch die Steuerung und Automatisierung kommerzieller sowie Planungs- und Forschungsarbeiten ist ohne die modernste Datenverarbeitung nicht mehr denkbar.

In der Raumfahrtindustrie Amerikas und der Sowjetunion überschritt der Produktionswert schon lange die 100-Milliarden-Dollar-Schwelle. Allein in diesem Wirtschaftszweig dürften jährlich für über 1 Milliarde Dollar meß- und steuerungstechnische Ausrüstungen installiert werden. Mit ihrer Hilfe sollen vielseitige, technisch-wirtschaftliche Erfolge erzielt werden, wie hohe Arbeitsproduktivität der eingesetzten Bedienungsmannschaft, hohe und gleichbleibende Qualität beim Bau der Aggregate, niedriger Energieverbrauch, Einhaltung optimaler Prozeßparameter und vor allem Beherrschung der schwierigen und komplizierten Prozesse bei Start und Landung sowie bei Bahnkorrekturen der Flugkörper. Die überaus schnelle und expansive Entwicklung der Steuerungs- und elektronischen Rechentechnik hat einen wissenschaftlich-technischen Vorlauf sehr bedeutsamen Ausmaßes geschaffen, der dem Benutzer die Lösung vielseitiger Probleme nicht nur anbietet, sondern überhaupt erst ermöglicht.

Grenzen des technisch vorstellbaren Einsatzes der Steuerungs- und Rechentechnik sind speziell unter dem Aspekt der neuesten Entwicklung kaum erkennbar. Grenzbereiche zeichnen sich hingegen durch Begriffe ab, wie: Nutzen derartiger Anwendungen in Relation zum Aufwand, Genauigkeit der Aussagen, bedingt durch die Genauigkeit und Aussagekraft der vorgegebenen Meßwerte und Kenntnis der prozeßbedingten Abhängigkeitsbeziehungen, erforderlicher Wartungsaufwand sowie Zuverlässigkeit der Ausrüstungen und kompletten Steuerungssysteme, Produktionssteuerung- und disposition, aber auch, und dies besonders, für perspektivische Leitungsaufgaben in Forschung, Entwicklung und Produktionsplanung.

Besonders eindrucksvoll vollzieht sich die Entwicklung der Datenverarbeitungs- und Rechenanlagen. In den etwa 25 Jahren, die seit der ersten Entwicklung eines Elektronen-Rechners verstrichen sind, entstanden jeweils nach rund 6 bis 7 Jahren völlig neue Rechensysteme, auch Rechengenerationen genannt.

Dem Einsatz der Elektronenröhrentechnik mit großen Abmessungen, hohem Energieverbrauch und hoher Störanfälligkeit folgte die 2. Rechengeneration mit Halbleitertechnik. Der Energieverbrauch sank auf unter $\frac{1}{10}$ und der Raumbedarf auf etwa $\frac{1}{4}$ der Röhrenmaschine.

Die dritte Entwicklungsstufe ist durch den Übergang zur Dünnschicht- und Festkörperschaltkreistechnik mit Mikrobausteinen gekennzeichnet, bei der die internen Rechengeschwindigkeiten von Millisekunden über Mikrosekunden bis in den Bereich der Nano-Sekunden (1 Milliarde sec.) verkürzt wurden.

Jede Rechengeneration wurde durch leistungsfähigere, bedeutend kleinere und zuverlässigere Aggregate gekennzeichnet, so daß heute die Rechner mit nur 0,5 bis 1 "o Ausfallzeit zu den zuverlässigsten Geräten im gesamten Steuerungssystem zählen.

Parallel zur Entwicklung der Rechner verlief die Entwicklung der Speichertechnik vom Magnetspeicher mit bewegten Schichten (Magnettrommeln und Bandspeicher) zu Ferritkernspeichermatrizen z. Z. bis Außendurchmesser von 0,6 mm im Mikrosekundenbereich für den Schaltzyklus und magnetischen Dünnschichtspeichern im Nanosekundenbereich für den Schaltzyklus sowie Magnetkartenspeicher für die Speicherung von beispielsweise 5,4 Milliarden Zeichen.

Übertragungsgeschwindigkeiten vom Speicher auf den Rechner mit etwa 100 000 Zeilen pro Sekunde sind technisch durchaus möglich. Neue Impulse hat die Steuerungs- und Rechentechnik neuerdings durch modernste Entwicklungstendenzen in der integrierten Mikroelektronik erhalten. Mit der Mikrominiaturelektronik wird eine so weitgehende Integrierung von Widerständen, Kondensatoren, Transistoren und Dioden erreicht, daß diese Schaltungselemente ihren individuellen Charakter verlieren. Diese Integrierung wird heute technisch vorwiegend auf zwei Wegen erzielt, nämlich mit Hilfe der Dünnschichttechnik und der Halbleiterfunktionsblocktechnik.

Durch würfelförmige Bausteine mit Abmessungen von $1,3 \times 1,3$ mm werden in dreidimensionaler Schaltung vergleichbare Funktionen ausgeübt, die bisher Schaltkreise üblichen Aufbaues mit z.B. 15 Silicium-Transistoren und 12 Widerständen sowie den erforderlichen internen Verbindungsleitungen aufzuweisen hatten. Die Mikroelektronik ergibt größere Zuverlässigkeit und ist auch bedeutend billiger, da die teuren und störanfälligen Lötverbindungen innerhalb der Blöcke durch aufgedampfte Aluminium- und Goldleiterbahnen ersetzt werden.

Über den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungs- und Rechenmaschinen in Europa und den USA gibt Tabelle 1 einen Hinweis.

Tabelle 1: Einsatz von Rechenanlagen je Million Einwohner

	1960	1970
USA	90	280
Westeuropa	20	50
CSSR		15
DDR		25

Zur Zeit wird die Rechenkapazität hauptsächlich für wissenschaftlich-technische Berechnungen und ökonomisch-organisatorische Aufgaben eingesetzt und nimmt auf diesem Gebiet ständig zu. Dabei erweist sich neuerdings der Einsatz sogenannter Plotter, d. h. elektronisch gesteuerter Zeichenmaschinen, die direkt oder über Magnetband bzw. Lochstreifen an den Digitalrechner angeschlossen werden, als besonders wertvoll. Rechenergebnisse lassen sich damit direkt in Kurvendarstellungen zeichnerisch auftragen. Ein weiteres Anwendungsgebiet des Plotters ist das Zeichnen von isometrischen Rohrleitungsplänen und technologischen Schematen.

Neben den mechanisch arbeitenden Zeichenautomaten existieren bereits elektronische Geräte für die analoge Ein- und Ausgabe an Digitalrechnern. Die höchstentwickelte Form der Prozeßsteuerung stellt das elektronische Direct-Digital-Control (DDC-) System dar. Mit Hilfe dieses Systems ist die Weltraumfahrt erst möglich geworden; denn hier entfallen die konventionellen Regelkreise. Eine einzige Datenverarbeitungsanlage mit Digital-Rechner verarbeitet die erhaltenen Meßwerte und

erteilt direkte Befehle als Regelanweisung z. B. in Form von Bahnkorrekturen an die Stell- und Steuerorgane des Raumschiffes. Man darf zu Recht feststellen, daß das DDC-System eine radikale und so durchgreifende Neuerung in der Prozeßführung und Steuerung für größere Anlagen mit 50–100 Regelkreisen darstellt, daß damit erst eine Weltraumfahrt des Menschen in den Bereich ihrer Möglichkeit gelangt.

Im Gegensatz zu all den positiven Fortschrittsberichten hat es nicht an Mahnern gefehlt, die vor einer allzu starken Automatisierung gewarnt haben, d. h. man soll beim Einsatz der Rechentchnik auch ökonomische Gesichtspunkte mit heranziehen. Das gilt vor allem für den industriellen Einsatz und dürfte für den Einsatz in der Raketentechnik und Weltraumfahrt nur sekundärer Natur sein. Die Sicherheit des Unternehmens dagegen ist oberstes Gesetz. Die Frage nach der Zuverlässigkeit wird daher zu Recht gestellt. Sie liegt bei über 99,5 %, sie wird aber noch erhöht dadurch, daß ein defektes DDC-System automatisch auf ein mit diesem gekoppeltes, sozusagen im Leerlauf mitgelaufenes System überschaltet, wodurch ein Ausfall des Steuersystems fast völlig unmöglich gemacht wird.

Aus diesen Angaben wird ersichtlich, welch großen Einfluß das Steuer- und Regelsystem auf das Gelingen der Weltraumfahrt hat.

Zweite Antenne für Raisting

H. D. NAUMANN

Wie die britische und die französische Nachrichtensatelliten-Bodenstation wird auch die westdeutsche Anlage in Raisting um eine zweite Antenne erweitert. Damit soll erreicht werden, daß jede der drei Stationen, die z. Z. den kontinuierlichen Transatlantikverkehr im Verbundbetrieb aufrecht erhalten, selbständig kontinuierlich arbeiten kann. Die Verbindungskabel zwischen den drei Anlagen werden für den zwischenstaatlichen Nachrichtenverkehr Westeuropas frei. Gleichzeitig werden mit dem Bau die Voraussetzungen geschaffen, mit dem „Intelsat III“-Satellitensystem gleichzeitig Funkverkehr mit Amerika und Asien oder Afrika aufnehmen zu können.

Im Gegensatz zur ersten Anlage „Raisting I“, die unter einem Radom steht, wird die zweite Antenne frei aufgestellt, um günstigere Empfangsbedingungen durch Ausschalten der Störeinflüsse der Kunststoffkuppel zu schaffen. Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse ist deshalb ein robusterer Aufbau notwendig.

Die Antenne hat 28,5 m Durchmesser und eine wirksame Fläche von 640 m². Sie ist nach allen Richtungen drehbar auf einem kegelförmigen Betonsockel montiert, der die Maschinen- und Arbeitsräume beherbergt. Äußerlich ähnelt die Anlage dem 25 m-Radioteleskop der Universität Bonn auf dem Sockel Eifel.

Um den Spiegel von Eis- und Rauhreifbildung freizuhalten, kann er mit Infrarotstrahlern erwärmt werden, die 400 KW Leistung aufnehmen. Als Empfänger dient auch bei diesem Gerät ein heliumgekühlter (minus 269 °C) parametrischer Verstärker.

Literatur:

Funktechnik, 24 (1969), H. 1, S. 24.

Nicht für den am Sternhimmel beobachtenden Astronomen in erster Linie wichtig, aber für die Verbreitung astronomischer Kenntnisse bedeutungsvoll, ist das Planetarium. Im VEB CZ wurde nun in den letzten Jahren ein neues Universal-Großplanetarium entwickelt, das HEINZ LETSCH in seinen Grundzügen und seinen Verbesserungen zu den bisher bekannten Geräten beschreibt. Das neue Gerät kann nicht nur den Sternhimmel für jeden Ort der Erde wiedergeben, sondern auch den Anblick des bewegten Himmels von jedem Ort eines beliebigen Planeten unseres Sonnensystems. Bei der Konstruktion des Gerätes wurde auch der Entwicklung des Weltraumfluges Rechnung getragen, und man kann die Bewegung des Sternhimmels darstellen, wie sie ein Kosmonaut sieht, der mit einem Raumschiff in gebundener Rotation unsere Erde umfliegt. Sm.

Zwei neue Großspiegel

In den optischen Werkstätten von Kitt Peak, Arizona (USA), begann die Anfertigung zweier Spiegel mit je 3,80 m Durchmesser. Einer ist für das neue Teleskop der Sternwarte Kitt Peak bestimmt, der andere für das Hauptinstrument auf dem Cerro Tololo in Chile. In 5 bis 6 Jahren soll die Arbeit mit den Instrumenten beginnen. Nach: Sterne und Weltraum, 7, 10, 257, 1968

J. Classen

OH – Emissionsquellen

Seit einiger Zeit hat man Emissionslinien des OH-Radikals beobachtet. Man kennt heute soviel derartige Quellen, daß die Übereinstimmung der Positionen von OH-Quellen und H II-Regionen auffallend ist.

Man neigt zu der Annahme, daß die OH-Wolken kleine, dichte Regionen sind, die in den weniger dichten Wasserstoffgebieten eingebettet sind. Andererseits hat T. K. Menon nachgewiesen, daß nicht alle Kondensationen in H II-Regionen auch OH-Emissionsquellen sind. So liegen z. B. im Rosetten-Nebel im Monoceros viele Kondensationen, ohne OH-Linien zu emittieren.

E. Raimond und B. Elliason stellten fest, daß eine starke OH-Quelle im Orion-Nebel nahezu vollkommen übereinstimmt mit der Position des von E. E. Bechlin und G. Neugebauer gefundenen Infrarotobjektes, eines vermuteten Ortes von Sternbildung.

Es wird heute im Zusammenhang mit den OH-Quellen angenommen, daß OH-Emission in Kondensationen innerhalb H II-Regionen nur dort auftritt, wo Sternbildung stattfindet.

Nach Sky and Telescope, Bd. 36, S. 85, 1968.

Radarmessungen an der Venus

Hans Rohr berichtet im „Orion“ über Radarmessungen an der Venus. Die hohe Empfindlichkeitssteigerung der Empfänger in den vergangenen Jahren erlaubt heute schwächste Echos ausgesandter Signale sicher nachzuweisen.

Am vorteilhaftesten werden Radarmessungen an der Venus in der unteren Konjunktion ausgeführt, wenn der Abstand Venus-Erde seinen Minimalwert von 41 Millionen km erreicht. Beim letzten derartigen Versuch wurden Signale von 100 Kilowatt ausgestrahlt und nach etwa 4,5 Minuten Echos von 10^{-21} Watt wieder empfangen.

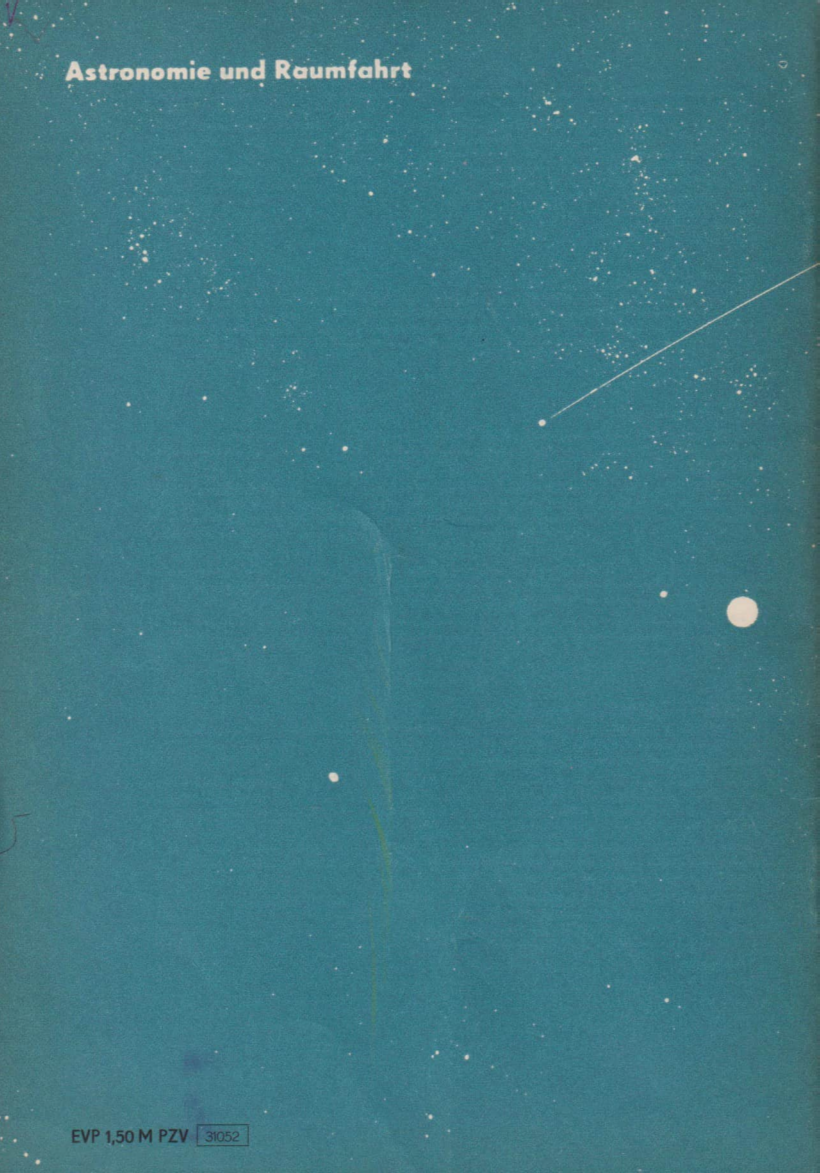
Durch die Radarmessungen an unserem Nachbarplaneten glaubt man heute sicher zu sein, daß Venus zumindest im Gebiet der Reflexion der Signale eine „rauhe Oberfläche“ hat, obwohl man aus diesen Messungen noch nicht die Höhen der möglichen Venusberge angeben kann.

Im April 1969, wenn die Venus wieder die untere Konjunktionsstellung hat, stehen Sender mit etwa 450 Kilowatt Leistung zur Verfügung, was eine verbesserte Meßgenauigkeit erlaubt. Ein genaues Vermessen der Venus durch Radar wäre für die Auswahl von Landeplätzen für künftige Raumschiffe von großer Bedeutung.

Mit dieser genau arbeitenden Radarmethode kann man die Entfernung von Raumschiffen ebenfalls bis in große Abstände von der Erde bestimmen.

Nach Orion, Bd. 13, S. 154, 1968.

Astronomie und Raumfahrt



10:
24.2.72



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Astronomische Beobachtungen im Infrarot · Dr. Siegfried Marx	65
Satellitenmessungen mit dem Schulfernrohr · Edgar Otto jun.	67
Mondvulkanismus und Perlstein – Ursachen der Tektiteschauer Johannes Classen	70
Referierte Ergebnisse der Cospartagung in London, Juli 1967	76
Anateure beobachten und berichten	
Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Halbjahr 1969 · Erich Schütz	78
Bildteil	79–82
Aus der Literatur	
Nichteintritt einer vorhergesagten Verfinsterung	66
Moderne astronomische Beobachtungsmethode	83
Über eine Methode zur Erhöhung der Reichweite fotografischer Aufnahmen	84
Neues über Pulsare	84
Lagestabilisierung von Satelliten durch Schwungrad	96
Goonhilly II eröffnet	96
Großauftrag für zwei Erdefunkstellen	3. Umschlagseite
Aufbereitung von Satellitendaten	3. Umschlagseite
Zur Masse des Planeten Pluto	3. Umschlagseite
Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Entwicklungstendenzen bei Solarzellen · H. D. Naumann	85
Simulation in Raketen- und Raumfahrttechnik · Hans-K. Remane	86
Festpulverraketen und Raumfahrt · Wolfgang Strubell	92
Ganswindt, der „Edison von Schöneberg“ · Horst Hoffmann	94

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pflaffe (Chefredakteur); Prof. Dr. Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; MR Dr. Karl Sigmund; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1969 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Astronomische Beobachtungen im Infrarot

Dr. SIEGFRIED MARX

Es heißt, daß die Erdatmosphäre in zwei Bereichen, dem schmalen optischen Fenster (300 nm bis 800 nm) und dem breiten Radiofenster (1 cm bis 25 m) für elektromagnetische Strahlung durchlässig sei, sonst bestehe auf der Erdoberfläche keine Möglichkeit, Strahlung aus dem Weltraum zu empfangen.

Zwischen den beiden Fenstern in der atmosphärischen Mauer, die uns umgibt, treten jedoch einige sehr schmale „Risse“ auf, durch die etwas Strahlung bis zur Erdoberfläche hindurchdringt. Um sie für astronomische Beobachtungen auszunutzen, sind Detektoren erforderlich, die genau im Bereich der Wellenlänge der Risse eine hohe Empfindlichkeit haben.

Solche Empfänger gibt es heute. Es sind z. B. Si-Empfänger als Photozellen und PbS-Empfänger als Photowiderstände. Zu beachten ist aber, daß bei Zimmertemperatur (ca 20 °C) bereits eine merkliche Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 1000 nm und 1 cm entsteht. Um diese vom Empfänger fernzuhalten, muß er gut gegen seine Umgebung isoliert werden, was man durch Kühlen der Empfängereinrichtung erreichen kann.

Als nächstes soll überlegt werden, welche Kategorie von Objekten man in diesem Spektralbereich für die Beobachtung erwarten darf. Es können einmal solche Objekte sein, die ihr Strahlungsmaximum in diesem Gebiet, dem infraroten Spektralbereich, haben. In diesem Fall sind es echte Infrarotsterne.

Aus den Strahlungsgesetzen folgt, daß es sich um Strahler mit einer Temperatur von etwa 1000 Grad Kelvin handeln muß. Wenn wir uns das Hertzsprung-Russell-Diagramm vorstellen, sind es solche Objekte, die weit rechts liegen. Es können also späte M-Sterne sein. Unter ihnen sind Riesen- und Überriesensterne möglich. Diese kann man zwar auf Grund ihrer großen Leuchtkraft (große abstrahlende Oberflächen) weit in den Raum hinaus sehen; da sie aber sehr selten vorkommen, wird man nicht viele von diesem Infrarottyp finden können.

Häufiger in ihrer räumlichen Dichte sind die M-Hauptreihensterne. Sie sind aber sehr leuchtarm ($L_{\text{Überriesen}} \approx 10^6 L_{\text{Hauptreihen-M-Sterne}}$) und können deshalb nur in geringem Abstand von der Erde aus gesehen werden, so daß man auch von diesem Infrarottyp nicht viele finden wird.

Weit rechts im Hertzsprung-Russell-Diagramm liegen auch die Protosterne, Sterne, die in ihrer Entwicklung noch nicht das Hauptreihenstadium erreicht haben. Diese Objekte sind also auch unter den Infrarotsternen zu erwarten. Sie sind wohl sogar die interessantesten Vertreter der neuen Sterngruppe, da sie ein besonderes, der Beobachtung sehr schwer zugängliches Stadium der Sternentwicklung darstellen.

Nach der Theorie der Sternentwicklung wird das Stadium, in dem Temperaturen um 1000 Grad Kelvin auftreten, sehr schnell durchlaufen, und die Wahrscheinlichkeit, derartige Protosterne zu finden, ist sehr klein.

Es ist heute noch sehr schwer abzuschätzen, wieviel Infrarotsterne man am Himmel überhaupt erwarten kann. Unter der Voraussetzung der derzeitigen technischen Hilfsmittel, durch die ja die Reichweite in den Raum entscheidend mitbestimmt wird, glaubt man, pro Quadratgrad einen Infrarotstern erwarten zu können.

Neben diesen echten Infrarotsternen kann es dann noch vorgetäuschte geben. Wenn ein Stern hinter einer sehr dichten interstellaren Staubwolke steht, die mehrere Größenklassen

Extinktion hervorruft, kann infolge der starken Verrötung des Sternlichtes das beobachtete Strahlungsmaximum im Gebiet des Infraroten liegen. Auch hiervon wird man sicher nicht viele Objekte finden, denn bei derart starker Extinktion ist keine große Reichweite in den Raum möglich.

In einigen astronomischen Instituten haben sich verschiedene Methoden des Suchens und Bearbeitens der Infrarotsterne herausgebildet. Im allgemeinen wird durch fotografische Mittel eine Vorauswahl getroffen. Man kann von einer Himmelsregion z. B. eine Blau- und eine Rotaufnahme machen und danach die extrem roten Sterne herausuchen.

Eine andere Möglichkeit ist, von den Sternen Spektren geringer Dispersion auf fotografischem Wege zu gewinnen. So arbeitet man beispielsweise in Heidelberg mit einer Dispersion von 4500 Å/mm und sucht an Hand der Titan-Oxyd-Banden und der Vanadium-Oxyd-Banden späte M-Sterne heraus.

Die nach den jeweiligen Methoden ausgewählten Sterne werden dann mit genauen lichtelektrischen Mitteln untersucht.

Bis heute hat man an den Sternwarten, die sich mit diesen Problemen beschäftigen, eine ganze Reihe von Infrarotobjekten gefunden. Unter ihnen befindet sich ein hoher Prozentsatz der bekannten Mira-Veränderlichen. Die Mirasterne erscheinen allerdings nur im Minimum ihres Lichtwechsels deutlich als Infrarotobjekte, denn sie können während des Lichtwechsels ihren Spektraltyp von etwa M_0 (Maximum) bis zu M_6 oder M_7 (Minimum) variieren.

M-Hauptreihensterne konnte man bisher nicht nachweisen. Das erscheint durchaus vernünftig, wenn man bedenkt, daß man mit den heutigen Beobachtungsmitteln (in Zusammenhang mit diesen Objekten) etwa bis 1 pc weit in den Raum hinaussehen kann.

Für einige der gefundenen Infrarotsterne konnten hohe interstellare Verfärbungen nachgewiesen werden – z. B. für den Stern NML Cyg $A_v = 12,6$ Größenklassen – so daß man annehmen darf, daß es sich hier um vorgetäuschte Infrarotsterne handelt.

Von Neugebauer und Becklin bzw. von Lwow und Kleinmann wurden Infrarotsterne gefunden, die möglicherweise in den Bereich der Protosterne gehören, denn als Temperatur für die Strahlungsquellen wurden 610 Grad Kelvin bestimmt.

Der von Low und Kleinmann im Orionnebel gefundene Infrarotstrahler hat einen Winkeldurchmesser von 30 Bogensekunden; bei der Entfernung des Orionnebelgebietes entspricht das einem linearen Durchmesser von ca. 4 Astronomischen Einheiten. Es ist möglich, daß es sich hier um eine kontrahierende Masse handelt, d. h. einen Stern oder einen Sternhaufen im ersten Stadium seiner Entwicklung.

So zeigt sich also, daß die Beobachtung im Infraroten die noch bestehende Lücke im Spektralbereich zwischen dem optischen und dem Radiofenster ausfüllen kann. Die weitere Verbesserung der Beobachtungsmethoden, um durch tiefere Blicke in den Raum immer mehr Objekte zu erfassen, ist deshalb vor allem wichtig, weil man hier die Möglichkeit hat, von der Beobachtung her Aussagen über die Frühstadien der Sternentwicklung zu erhalten.

Aus der Literatur

Nichteintritt einer vorhergesagten Verfinsternis

Von den astronomischen Jahrbüchern und Sternkalendern war für den 4. März 1969 eine Verfinsternis des Jupitermondes IV (Kallisto) angezeigt worden. Die Verfinsternis sollte von $3^h 59^m$ bis $4^h 45^m$ MEZ dauern. Die meisten Jahrbücher und Sternkalender gaben den Ort von Kallisto zu Anfang und Ende der Verfinsternis sogar bildlich wieder. Die Benutzer des „Kalenders für Sternfreunde“ (1969) finden ein derartiges Bild dort auf Seite 113.

Satellitenmessungen mit dem Schulfernrohr

EDGAR OTTO jun.

Die zunehmende Zahl künstlicher Erdsatelliten, unter denen sich zahlreiche Objekte befinden, die beobachtenswert sind, läßt auch bei vielen Amateuren und Schülern den Wunsch nach einer – wenn auch befristeten – Beobachtung und evtl. Vermessung entstehen. Da die Zeitung „Junge Welt“ wieder regelmäßig einen Satellitenfahrplan veröffentlicht, ist es möglich, einige hellere Objekte in ihrem Bahnverlauf ohne Hilfsmittel (evtl. mit Feldstecher) zu verfolgen. Die instrumentelle Beobachtung mit dem gebräuchlichen Schulfernrohr bereitet besonders wegen der relativ großen Winkelgeschwindigkeit der Satelliten und des kleinen Gesichtsfeldes im Okular Schwierigkeiten, die auch eine genaue Vermessung der Position verhindern. Deshalb verwenden Satellitenbeobachtungs-Stationen besonders Instrumente mit 3–11 Grad Gesichtsfeld-durchmesser. Es gibt aber eine Aufgabe, die auf einfacher instrumenteller Grundlage recht gut lösbar ist. Es handelt sich um die Bestimmung der drakonitischen Umlaufzeit einiger künstlicher Erdsatelliten. Allerdings wird damit keine Genauigkeit erreicht, die eine wissenschaftliche Auswertung zuläßt. Für den eigenen Bedarf jedoch haben solche Messungen durchaus ihren Wert.

1. Die Beobachtungs- und Meßmethode

Bei der drakonitischen Umlaufzeit eines künstlichen Erdsatelliten handelt es sich um die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen des Satelliten durch seinen aufsteigenden Knoten (das ist der Schnittpunkt der aufsteigenden Satelliten-Bahn mit der Äquatorebene). Diese Größe ist neben anderen ein wichtiges Bahnelement eines Satelliten. Sie unterliegt durch verschiedene Einflüsse besonders auf dem Wege über Luftdichteschwankungen ständigen Veränderungen, die in kurzen Zeiträumen nur gering, je nach Bahnhöhe jedoch nach Monaten oder Jahren recht erheblich sind. Gegen Ende der Existenz eines Satelliten nimmt durch das schneller sinkende Apogäum die Abbremsung stark zu, wodurch die Umlaufzeiten wesentlich kleiner werden. Derartige Messungen am gleichen Satelliten in größeren Zeitabständen lassen Schlüsse auf die noch zu erwartende Lebensdauer eines Satelliten zu.

Die wissenschaftliche Zielsetzung derartiger Messungen durch Satellitenstationen besteht darin, aus unerwarteten und kurzfristigen Veränderungen der Umlaufzeit Rückschlüsse auf die Größe und Ursachen der maßgeblichen Luftdichteschwankungen u. a. Faktoren zu ziehen. Zu diesem Zweck entwickelte A. M. Losinski eine einfache Methode zur Messung der drakonitischen Umlaufzeit von Satelliten, die jede Station unabhängig von anderen ohne großen Aufwand selbst durchführen kann. Ihr Ziel besteht darin, auf der Grundlage der Beobachtungen die Differenz zwischen den Zeitpunkten von verschiedenen scheinbaren Schnitten der Satellitenbahn mit dem Himmelsäquator zu ermitteln. Während man bei aufeinanderfolgenden Umläufen direkt die drakonitische Periode ermittelt, ist bei den anderen Messungen noch die Division durch die bekannte Zahl der dazwischenliegenden Satelliten-Umläufe notwendig.

Fortsetzung von Seite 66

Tatsächlich fand die Verfinsterung jedoch nicht statt. Kallisto verdunkelte sich zwar zur angegebenen Zeit, und in der Mitte der Verfinsterung war seine Helligkeit von $6^m \cdot 3$ auf etwa $10^m \cdot 6$ abgesunken. Er blieb jedoch während der gesamten Verfinsterungszeit deutlich im Fernrohr sichtbar. Die Beobachtung wurde – $10^\circ,5$ C auf der Pulsnitzer Sternwarte gemacht, wo schon seit Jahren mit einem 270/3820 mm Refraktor alle Erscheinungen des Jupitersystems kontrolliert werden. Bisher waren alle vorhergesagten Erscheinungen ordnungsgemäß eingetreten, von kleinen Zeitdifferenzen abgesehen. Die Beobachtung macht deutlich, daß die Ephemeriden des Jupitersystems einer Verbesserung bedürfen.

J. CLASSEN

Die Ermittlung des Zeitpunktes des Äquatorschchnittes kann verschieden erfolgen. So können vor allem aus mehreren äquatornahen Satellitenpositionen, wie man sie aus visuellen, aber besonders aus fotografischen Vermessungen erhält, durch Interpolation fast genaue Zeitmomente ermittelt werden, wenn die Meßpunkte weniger als 1 Grad vom Äquator entfernt sind.

Wenn man diesen erheblichen Rechenaufwand umgehen will, der für die zu erwartende Genauigkeit zu hoch ist, so versucht man die direkte Messung des Zeitpunktes des Äquatorschchnittes im Blickfeld des Fernrohres. Nach dieser Methode führen wir seit über einem Jahr auf der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ in 728 Eilenburg Messungen der Umlaufzeiten durch. Leider verhinderten die zahlreichen Aufgaben bisher eine systematische Fortführung der Arbeiten.

2. Instrumentelle Voraussetzungen

Zur visuellen Messung benötigt man eine genaue Markierung des Himmelsäquaturs im Blickfeld des Instrumentes. Daher verwenden wir den parallaktisch montierten Refraktor 80/1200, der für diese Aufgabe mit einem 63 mm-Okular versehen wird, in dem in entsprechender Stellung ein „künstlicher Äquator“ durch einen Faden gekennzeichnet ist.

Das genau justierte und mit einer Deklination von 0 Grad eingestellte Fernrohr stellt damit den Verlauf des Äquaturs am Himmel dar. Das so verwendete Gerät hat ein Gesichtsfeld von fast 2 Grad Durchmesser und eine 19-fache Vergrößerung. Als Sucher verwenden wir am Refraktor ein ATL-Instrument, dessen innerer Kreis das gleiche Feld abbildet wie der Refraktor. Man kann auch jeden anderen Sucher verwenden, wenn er ein Gesichtsfeld von wenigstens 3 – 5 Grad besitzt. Ein kleinerer Durchmesser erschwert die Arbeit entsprechend. Auch ein 40 mm-Okular mit 1°35' Gesichtsfeld ist am Refraktor 80/1200 noch annehmbar.

3. Verlauf der Messung

Das Aufsuchen des Objektes am Himmel zur errechneten Beobachtungszeit erfolgte bisher, da wir nur die Ballonsatelliten Echo I, Echo II und Paces verwendeten, ohne Vorausberechnung des Schnittpunktes mit dem bloßen Auge. Bei der Annäherung des Satelliten an den Äquator, die man durch Visieren über das in der Stundenachse ungeklemmte Fernrohr mit der Deklination Null feststellen kann, wird er dann im Sucher erfaßt und verfolgt, bis das Zentrum fast erreicht wird. Anschließend erfolgt die Beobachtung und Nachführung durch das Hauptinstrument, wobei der Zeitpunkt des Schnittes des Äquatorfadens mit einer Stoppuhr registriert wird. Die Position braucht nicht gemessen zu werden. Unmittelbar nach der Messung wird die Stoppuhr an das Zeitzeichen angeschlossen, um den Meßzeitpunkt zu erhalten. Dieser Faktor wird die größten Schwierigkeiten bereiten, denn ohne Zeitzeichenempfänger reicht die Genauigkeit nicht aus. Die genaue Sekunde ist die Mindestforderung! Eine gut gehende Stoppuhr kann evtl. 90 bis 100 Minuten laufen, bis der nächste sichtbare Äquatorschchnitt durch das Stoppen der Uhr gemessen wird. Die Uhr zeigt dann direkt die drakonitische Periode. Vorher prüfe man jedoch die Uhr auf ihre Genauigkeit unter Berücksichtigung der Federspannung des Uhrwerkes und der Umgebungstemperaturen, die sich bei längerer Laufzeit wesentlich auswirken.

4. Die Auswertung der Messungen

Die Methode bereite bei den bisherigen Versuchsmessungen keine Schwierigkeiten. Die Meßgenauigkeit wird im wesentlichen durch die genaue Einstellung der Deklination des Refraktors bestimmt (z. Zt. $\pm 0,1$ Grad). Dazu werden vor der Messung Kontrollen an verschiedenen äquatornahen Sternen vorgenommen.

Nicht immer ist die Messung von zwei aufeinanderfolgenden Umläufen möglich. Man ist daher gezwungen, an einem der folgenden Tage diese Arbeit fortzusetzen. Voraussetzung

für eine solche Arbeitsmethode ist jedoch das Vorhandensein eines Zeitzeichenempfängers, um die tägliche Meßzeit genau zu ermitteln. Die Zeitdauer zwischen den beiden Äquatorpassagen ist dann durch die Zahl der inzwischen erfolgten Satellitenumläufe zu dividieren, um die drakonitische Periode zu erhalten. Für unsere Zwecke hat dieses Verfahren sogar einen Vorteil, denn die Zeitfehler bei der Messung werden auf viele Umläufe verteilt und die sich ergebende Periode ist recht genau (allerdings sind dabei kurzzeitige Schwankungen verdeckt worden). Eine weitere Genauigkeit wird erreicht, wenn der Mittelwert von gleichzeitigen Messungen an verschiedenen Instrumenten verwendet werden kann. Die Zahl der Umläufe muß man mit Hilfe der ungefähr bekannten (oder evtl. bei uns zu erfragenden) Umlaufzeit des Satelliten errechnen.

Beispiele:

Satellit Pageos A (66561)

Datum 1967	Zeit (UT) des Äquatorschnittes	$A \ t \text{ min}$	Zahl der Umläufe	Drakon. Periode
29. 3.	20h 40m 19,3s	—	—	—
30. 3.	20 46 06,6	1445,788	8	180,724
31. 3.	20 51 54,1	1445,791	8	180,724
2. 4.	21 03 28,7	2891,577	16	180,724

Satellit Echo II (64041)

Datum 1967		$A \ t \text{ min}$	Zahl der Umläufe	Drakon. Periode
10. 4.	19h 10m 57,3s	—	—	—
11. 4.	20 07 36,6	1496,655	14	106,904
12. 4.	21 04 09,6	1496,555	14	106,896

Die hier auftretenden geringen Zeitdifferenzen setzen eine Meßgenauigkeit voraus, die von einer einfachen Station kaum erreichbar ist. Sie werden dort am besten zu einem Mittelwert zusammengefaßt, der erst mit dem Ergebnis einer späteren Meßserie verglichen werden kann, wenn eine größere Änderung der Umlaufzeit vorliegt, die außerhalb der Fehlergrenze liegt.

Eine Auswertung der Meßergebnisse ist erst dann zweckmäßig, wenn nach einer zweiten Meßperiode, etwa nach 4–8 Wochen oder noch später, die Abweichung genügend groß ist. Weitere Meßserien lassen sich graphisch anschließen und zeigen einen Kurvenverlauf mit abnehmender Tendenz der drakonitischen Periode. Der Vergleich der Kurven mehrerer Satelliten kann durchaus wesentliche Unterschiede ergeben je nach Masse, Größe, Bahnlage des Objektes und Zeitpunkt der Messungen.

5. Schlußbemerkungen

Wenn es sich bei den erläuterten Beobachtungen auch um eine recht spezielle Aufgabe handelt, so ist sie doch für interessierte Amateure und Jugendliche, besonders für Arbeitsgemeinschaften, gut geeignet, die Anwendung der Naturgesetze auch auf künstliche Himmelskörper nachzuweisen. Sie bietet Gelegenheit, die Ziele jeder astronomischen Beobachtungstätigkeit bei Objekten zu erreichen, die durch ihre Aktualität besonderes Interesse finden.

Unsere Satelliten-Beobachtungs-Station ist bereit, Interessenten für diese Aufgabe kurzzeitig Ephemeriden für einige geeignete Satelliten zu übermitteln und bittet gleichzeitig, so ermittelte Umlaufzeiten zur Information zu erhalten.



Literatur: Wird für Interessenten nachgewiesen.

Mondvulkanismus und Perlstein – Ursachen der Tektiteschauer

JOHANNES CLASSEN

Fortsetzung

Der Glasmeteorit flog nun eine geologisch kurze Zeit im Erde/Mond-System umher, gelangte ganz in den Anziehungspunkt der Erde, drang in die Erdatmosphäre ein und zerfiel hier durch aerodynamische Einwirkungen wie irdischer Perlstein zu Kugeln. Letztere gingen schließlich in Form einer dichten Partikelwolke auf der Erde nieder und erzeugten so die irdischen Tektitefelder.

Diese Perlsteintheorie wurde Anfang 1927 vom Verfasser in Vorschlag gebracht. Kurze Erläuterungen folgten Mitte 1967. Letztere Erläuterungen seien im folgenden teils wiederholt, teils aber durch neue wesentliche Punkte ergänzt.

Zunächst die mit dem Mond zusammenhängenden Fragen. Daß das Mondinnere zumindest zum Teil von glasartigem Stoff erfüllt ist, ist deshalb nicht unmöglich, weil die mittlere Dichte des Mondes ($3,34 \text{ g/cm}^3$) der mittleren Dichte des Glases ($2,5 \text{ g/cm}^3$) und derjenigen der Tektite ($2,4 \text{ g/cm}^3$) ähnelt, während beispielsweise die mittlere Dichte der Erde ($5,52 \text{ g/cm}^3$) weit über den beiden letzteren Werten liegt.

Sollten im Innern des Mondes tatsächlich wesentliche Mengen glasartigen Gesteins vorkommen, so müßten im Mondinnern, damit sich die beobachtete mittlere Dichte des Mondes ergibt, natürlich auch noch dichtere Stoffe als Glas vorhanden sein. Ein derartiger unhomogener Aufbau des Mondinnern läge aber nach allem, was wir über den Aufbau der Erde und der übrigen Körper des Sonnensystems wissen, durchaus im Bereich der Möglichkeit. Als dichteres Mondmaterial käme neben Fe Ni (mittlere Dichte etwa $7,8 \text{ g/cm}^3$) vor allem ultrabasisches Gestein (mittlere Dichte etwa $3,4 \text{ g/cm}^3$) in Frage, aber auch basisches Gestein (mittlere Dichte etwa $3,0 \text{ g/cm}^3$) und saures Gestein (mittlere Dichte etwa $2,7 \text{ g/cm}^3$), sofern dieses mit schwereren Stoffen (Fe Ni) vermischt wäre.

Im übrigen ist es nicht ausgeschlossen, daß selbst auf der Mondoberfläche hin und wieder glasartige Gesteine vorkommen, nicht also nur basischer Basalt, denn Messungen des Polarisationswinkels der Mondoberfläche ergaben ein Brechungsvermögen, das den Sialgläsern der Erde ähnelt. Endgültige Ergebnisse wird wohl bald die bemannte Raumfahrt nach dem Mond bringen.

Wie gelangte das tektitische Material nun aus dem Mondinnern bzw. aus unterhalb der Mondoberfläche gelegenen Magmaherden nach der Erde? Man kann hier vorsichtig auf die brauchbaren Bestandteile der im wesentlichen allerdings längst überholten Mondvulkantheorie von **D. M. Verbeek**, **M. W. Meyer** und **G. Linck** zurückgreifen. Diese Autoren faßten die Tektite als Lavamaterial auf, welches von Mondvulkanen in den Weltraum befördert wurde und schließlich in erstarrtem Zustand auf die Erde fiel. Der Gedanke an einen Mondvulkanismus war schon deshalb nicht sehr abwegig, weil die Mondoberfläche von Zehntausenden von Mondkratern übersät ist. Allein die Mondkarte von **J. Schmidt** verzeichnet 33 000 derartige Objekte. Nach den neuesten Mondsondenaufnahmen bedecken sogar Hunderttausende, ja wahrscheinlich Millionen Krater und Gruben die Mondoberfläche.

Nun ist die primitive Vorstellung lavaspeiender Mondkrater, die seinerzeit **D. M. Verbeek** und in geringerem Maße auch noch **M. W. Meyer** und **G. Linck** hatten, wie schon angedeutet, in erheblichem Maße zu korrigieren. Die Mondkrater sind, sofern ihre Entstehung nicht überhaupt auf Meteoritenaufschläge zurückgeht, allenfalls Entgasungskrater für

das seinerzeit noch nicht ganz erstarrte Mondmagma. Aber auch Gas kann, wenn es aus dem Mondinneren explosionsartig an die Mondoberfläche gelangt und von hier in den Weltraum entweicht, flüssige oder gar feste Mondbestandteile mit sich hochreißen. Beispielsweise beobachtet man bei Gasausbrüchen irdischer Vulkane, daß Asche, Wasser und Lava mit emporgeschleudert werden. Eine Lavabombe von etwa 2 m Größe wurde 1888 bei dem Gasausbruch des Vulcano auf den Liparischen Inseln bei Sizilien (Italien) ausgeworfen. Ferner flog 1882 bei dem Gasausbruch des Shirane (Japan) ein Gesteinspfropf von 200 m Durchmesser in die Luft, und der Gasausbruch des Bandaisan (ebenfalls Japan) vom 15. 7. 1888 war sogar so heftig, daß der größte Teil des Berggipfels Konbandai, etwa 1,2 km³, weggesprengt wurde. Dabei war aus der Tiefe nur Gasförderung, insbesondere von Wasserdampf und schwefliger Säure, erfolgt.

Im übrigen ist es vielleicht richtiger, bei der Entstehung der Tektite statt von einer Vielzahl von Mondkratern von nur einem einzigen Objekt dieser Art auszugehen, das vor geologisch nicht allzu langer Zeit noch besonders aktiv war, also vielleicht von Kopernikus oder von einem anderen als Entgasungskrater in Frage kommenden Mondkrater.

Man brauchte dann nämlich nur einen einzigen lunaren Magmaherd voraussetzen, nicht aber mehrere Magmaherde oder gar ein gesamtes glasiges Mondinnere. Das aber würde die so auffallend gleichmäßige mineralogische Beschaffenheit der vier auf der Erde vorhandenen Tektitearten noch besser verständlich machen.

Allerdings ließe sich noch daran zweifeln, ob bei lunaren Entgasungsexplosionen tatsächlich flüssige oder feste Mondbestandteile aus dem Anziehungsbereich des Mondes entfernt werden können. Ein Körper, der den Mond verlassen soll, muß nämlich eine Anfangsgeschwindigkeit von 2,37 km/sec erhalten, und die Erzeugung einer derartigen Geschwindigkeit traute man einem „Mondvulkan“ zunächst nicht zu. Nun wurde aber nach **B. Schulz** eine ähnliche Anfangsgeschwindigkeit 1883 von dem Auswurf des Krakatau-Ausbruches erreicht. Dieser Ausbruch bestand vor allem aus Wasserdampfexplosionen, bei denen die leichteren Materialteile trotz des abbremsenden Einflusses der Erdatmosphäre bis in eine Höhe von 30 km gelangten. Was aber ein irdischer Vulkan, zumindest während eines Gasausbruches, fertig brachte, nämlich die Erzeugung der lunaren Entweichgeschwindigkeit von 2,37 km/sec, das sollte einem Mondvulkan erst recht möglich sein. Ist doch beispielsweise der Mondkrater Kopernikus mit seinen 90 km Kraterdurchmesser und seinen 4 km Kratertiefe um ein Vielfaches größer als der Krakatau, der vor 1883 etwa 5 km × 9 km groß und 822 m hoch war.

Ferner hat erst neuerdings wieder **P. Hédervári** die Frage untersucht, ob früher während der vulkanischen Phase des Mondes vulkanisches Auswurfmaterial den Mond verlassen konnte. **P. Hédervári** geht davon aus, daß die Mondkrater vulkanischen Ursprungs sind, und vergleicht sie hinsichtlich ihrer Ausbruchenergie mit irdischen Kratern, beispielsweise mit dem 7 km im Durchmesser großen Krater des Vulkans Tambora auf Sumbawa in Südostasien. Der Tambora hatte 1815 einen heftigen Ausbruch, bei dem der Berg von 4300 m Höhe auf 2756 m Höhe zusammensank. Der Autor kommt unter Berücksichtigung der Größe der Mondkrater und der niedrigen lunaren Entweichgeschwindigkeit zu dem Ergebnis, daß die obige Frage in positivem Sinne zu beantworten ist.

In Anbetracht aller dieser Argumente ist es eigentlich nicht recht verständlich, wenn beispielsweise **H. Wanke** schreibt: „Selbstverständlich kann Mondmaterial nur infolge von Einschlägen, entweder von Eisenmeteoriten oder wahrscheinlicher von Kometen, in den Weltraum gebracht werden“. Ja, es hat sogar den Anschein, als ob vulkanisches Auswurfmaterial des Mondes eher die Erde erreicht als Material, das beim Aufschlag großer Meteorite vom Mond abgesplittet wird. Vermutlich entstehen nämlich bei Meteoriteneinschlägen zu große Anfangsgeschwindigkeiten der Ejakta, denn im Laboratorium durchgeführte Stoßversuche mit Geschwindigkeiten bis zu 12 km/sec (!) ergaben, daß bei diesen Experimenten flüssige Strahlen mit Geschwindigkeiten bis zum Dreifachen der Aufschlagsgeschwindigkeit vom Aufschlagort wegspritzten. Nun kommen Meteorite auf

dem atmosphärenlose Mond mit Geschwindigkeiten von 2,37 km/sec (lunare Entweichgeschwindigkeit) bis etwa 60 km/sec an. Also sollten die Mondejakta Anfangsgeschwindigkeiten erhalten, die ein Vielfaches der lunaren Entweichgeschwindigkeit betragen.

Bei derart großen Anfangsgeschwindigkeiten trifft aber das in den Weltraum beförderte Mondmaterial kaum die Erde. Die Gravitation der Erde vermag in diesem Falle die Bahn der Projektile fast nicht zu beeinflussen, so daß letztere das System Erde/Mond verlassen und in den interplanetaren Raum entweichen, aus dem sie höchstens nach komplizierten Flugbahnen um die Sonne und Flugzeiten in der Größenordnung von Millionen Jahren zur Erde zurückkehren.

Nur bei kleineren Anfangsgeschwindigkeiten, so wie sie die Mondejakta wahrscheinlich bei lunaren Gasausbrüchen erhalten, bestehen die Voraussetzungen für baldige Erdtreffer. Beispielsweise werden, wenn die hochgeschleuderten Mondbestandteile Anfangsgeschwindigkeiten zwischen 2,5 und 3,5 km/sec erhalten, nach **D. R. Chapman** 90 % des Materials in absehbarer Zeit von der Erde eingefangen. Aus alledem folgt, daß das bei lunaren Meteoritenaufschlägen abgesplitterte Mondmaterial kaum, das Auswurfmaterial lunarer Gasausbrüche dagegen, sofern es nur die lunare Entweichgeschwindigkeit von 2,37 km/sec erreicht, fast immer den Weg zur Erde findet.

Was nun die geringe Ausdehnung der irdischen Tektitefelder betrifft, so läßt sich diese wie gesagt erklären, wenn man dem Auswurfmaterial des Mondes Persteinstruktur zuschreibt. Perlstein ist bekanntlich glasiges Gestein, das an einigen Stellen der Erde vorkommt. Es gliedert sich nach **F. Rinne** „in rundliche oder rundlich-eckige, meist ziemlich kleine bis erbsengroße Teile, die das Bestreben des Magmas anzeigen, sich nach Art sonstiger Flüssigkeiten zu Tropfen zusammenzuballen. Zuweilen sind solche Glaskugeln innerlich gespannt. Sie zeigen dann Polarisationserscheinungen“. Nach **Calsow** ist der Perlstein „die ganze Masse ... von konzentrisch-zwiebelschaligen Sprüngen durchsetzt, die dem Gestein die eigentümliche perlitische Struktur verleihen. Die Sprünge sind zurückzuführen auf ausgelöste Spannungen der in technischem Sinne schlecht gekühlten Gesteinsgläser. Beim Zerschlagen zerfallen die Perlite in dünne Schalen und mikroskopisch kleine bis zentimetergroße Kerne“.

Besonders schönen Perlstein findet man in der Slowakei im Hliníky Tal bei Schemnitz = Báuska Stiaavnica („Sphärolith“) und in Sibirien bei Ochotsk („Marekanit“, nach dem Fluß Marekanka). Ein noch nicht zerfallenes Gesteinsstück vom ersten Fundort, mit zahlreichen eingelagerten Kugeln, deren Durchmesser etwa 6 mm beträgt, befindet sich im Staatlichen Museum für Mineralogie und Geologie in Dresden.

Das oben vorausgesetzte glasige Auswurfmaterial des Mondes nahm also offenbar deshalb Perlsteinstruktur an, weil es in geschmolzenem Zustand aus dem warmen Mondinnern schnell in den kalten Weltraum gelangte. Anscheinend gab es nun zwei Möglichkeiten. Entweder blieb der vom Mond ausgeworfene Perlsteinmeteorit noch unterhalb jener kritischen Masse von etwa 100 t, bis zu der für Meteorite noch nicht die Gefahr des Verdampfens besteht. In diesem Fall ging ein erheblicher Teil des Perlsteinmeteoriten in Tektite zerfallen auf der Erde nieder. Bemerkenswert ist dabei, daß zur Erzeugung der irdischen Tektitenfundgebiete nur verhältnismäßig kleine Perlsteinmeteorite nötig waren. Eine Übersichtsrechnung zeigt nämlich, daß schon ein Perlsteinblock von etwa 1 m Kantlänge und 2,4 t Masse, also ein Gesteinsstück kleiner als die oben erwähnte Lavabombe, über 200 000 Stück Tektite ergab. Das aber sind ungefähr so viel Tektite, wie sie die irdischen Tektitenfundgebiete lieferten. Nach **K. v. Bülow** wurden nämlich in den einzelnen Fundgebieten zwischen 200 Stück und 500 000 Stück Tektite gefunden. Die Gesamtzahl der Elfenbeinküste-Tektite einschließlich der noch im Boden liegenden Stücke wird von **W. Gentner** auf viele Tausende geschätzt. Insgesamt sammelte man bis jetzt nach **F. L. Bosche** auf der gesamten Erde etwa 650 000 Tektite ein.

Schließlich wird die Gesamtzahl der in den fernöstlichen Fundgebieten niedergegangenen Tektite von **J. A. O'Keefe** auf „mehrere Millionen“ angegeben. Allein von den Indo-

chiniten sind nach **W. Gentner** „in den allerletzten Jahren plötzlich viele Tonnen bei den Mineralienhändlern aufgetaucht.“ Allerdings setzt sich das große fernöstliche Vorkommen wie gesagt aus vielen Einzelfundgebieten zusammen, die ihre Entstehung möglicherweise einem Meteoritenschauer verdanken. Auch Stein- und Eisenmeteorite dringen ja manchmal in die Erdatmosphäre ein, nachdem sie vorher im Weltraum in einzelne Stücke zersprungen sind. Übrigens scheinen auch die drei nordamerikanischen und die zwei tschechoslowakischen Tektitfundgebiete von kleinen Perlstein-Meteoritenschauern verursacht worden zu sein.

Nun bestand jedoch zweitens auch die Möglichkeit, daß der vom Mond auf die Reise nach der Erde geschickte Glasmeteorit eine größere Masse als etwa 100 t besaß. Meteorite dieser Größe durchschlagen ohne erheblichen Geschwindigkeitsverlust die Erdatmosphäre und verdampfen explosionsartig in den untersten Luftschichten oder beim Aufprall auf den Erdboden. Der Tunguskameteorit in der UdSSR von 1908 war der letzte Fall eines derartigen „Riesenmeteoriten“. Auch der Canon Diablo-Krater in Arizona (USA) wurde von einem solchen erzeugt. Auch große lunare Glasmeteorite verdampften daher aus den angegebenen Gründen bei ihrem Niedergang, außerdem hinterließen sie an ihrem Aufschlagort meist einen großen Krater. Das Nördlinger Ries und der Bosumtwi/Ashanti-Krater sind Beispiele für derartige Meteoritenkrater.

Oft fiel aber nicht alles Material der Riesenmeteorite der Verdampfung anheim. In den meisten Fällen breitete sich nämlich bei Riesenmeteoriten die Perlsteinstruktur nicht auf das gesamte Innere des Meteoriten aus, sondern nur auf die der Abkühlung am meisten ausgesetzten Oberflächenschichten. Drangen derartige Meteorite nach ihrem Flug durch den Weltraum in die Erdatmosphäre ein, so lösten sich diese Oberflächenschichten mit ihrer Perlsteinstruktur von der Hauptmasse ab, ähnlich wie auch bei niedergehenden Stein- und Eisenmeteoriten die flüssige Oberflächenschicht zuweilen „abgeblasen“ wird und auf der Flugbahn des Meteoriten zurückbleibt. Der abgeblätterte Perlstein zerfiel darauf in Tektite, und diese flogen wie normale Meteorite mit schnell sich vermindernder Geschwindigkeit weiter zur Erde, hier die Tektitefelder erzeugend. Die Hauptmasse dagegen behielt im wesentlichen ihre Geschwindigkeit bei und ging daher eher auf der Erde nieder als die langsameren Tektite, außerdem verdampfte sie bei ihrem Aufschlag. Ferner fielen die Aufschlagorte dieses so verschiedenartigen meteoritischen Materials nicht zusammen. Vielmehr flog der Hauptmeteorit weiter als die leicht von ihrer Bahn ablenkbaren Tektite, deren Flugbahnen nach der Erde zu abgebogen wurden. Dadurch kommt es, daß der Ries-Meteorit, der nach den am Nördlinger Ries festgestellten geologischen Befunden von Osten kam, sein Perlsteinmaterial bereits 280 km bis 390 km östlich von seinem Aufschlagort bei Budweis und Trebitsch ablagerte.

Weiter klärt es sich jetzt, warum zu dem 18–24 km im Durchmesser großen gigantischen Nördlinger Ries die großen Tektitfundgebiete von Budweis und Trebitsch gehören, die bereits Hunderttausende Tektite lieferten, während sich in der Nachbarschaft des nur 7–11 km im Durchmesser großen Bosumtwi/Ashanti-Kraters das verhältnismäßig kleine Fundgebiet der Elfenbeinküste befindet, das wahrscheinlich nur „viele Tausende“ Tektite enthält. Zu einem großen Meteoritenkrater, also beispielsweise zum Nördlinger Ries, gehörte naturgemäß auch ein großer Glasmeteorit, der viel Perlstein und damit viel Tektite lieferte. Dagegen konnte ein kleiner Meteoritenkrater, also beispielsweise der Bosumtwi/Ashanti-Krater, von einem kleinen Glasmeteorit erzeugt werden, der wenig Perlstein und damit wenig Tektite ergab.

Schließlich erzeugte die Hauptmasse eines bei ihrem Niedergang verdampfenden Glasmeteoriten auf dem Erdboden auch „Impaktglas“. Dieses im Nördlinger Ries und im Bosumtwi/Ashanti-Krater, aber auch im Kraterfeld des Eisenmeteoriten von Henbury in Australien und an mehreren anderen Orten gefundene Glas entstand in erster Linie durch Einschmelzen irdischen Materials. Es zeigt daher vor allem terrestrische Merkmale, Mondsubstanz ist in ihm weniger enthalten.

Ganz anders dagegen die Tektite. Diese stellen reines Mondmaterial dar, das – wenn überhaupt – nur geringfügig durch irdische Einflüsse verunreinigt wurde. Auf diese Weise erklärt es sich, daß die Tektite mineralogisch so sehr von allen irdischen Glasarten abweichen.

Weiter wird jetzt verständlich, warum das Impaktglas aus den Meteoritenkratern genau dasselbe Schmelzalter wie die Tektite besitzt. Beide Naturprodukte haben ihre letzte Schmelzung bei Ereignissen durchgemacht, die mit der Entstehung und dem Niedergang des Glasmeteoriten zusammenhängen, und das muß praktisch auf die gleichen Alterswerte führen.

Sollten sich ferner die oben mitgeteilten Messungen des Gesamtalters der Glassubstanzen bestätigen, so hätte man anzunehmen, daß bei Impaktglas vor allem das Alter des in dem Glas enthaltenen Mondmaterials gemessen wird, nicht so sehr das Alter des irdischen Materialanteils, und daß ferner die Glasmeteorite, welche die vier irdischen Tektitfundgebiete verursachten, aus vier verschiedenen alten Magmaherden des Mondes kamen. Dann muß das Impaktglas nicht nur von Fundgebiet zu Fundgebiet das gleiche Schmelzalter, sondern auch das gleiche Gesamtalter wie die zugehörigen Tektite haben.

Auch alle anderen Beobachtungsbefunde finden jetzt ihre Erklärung. So wurden bisher im Nördlinger Ries und im Bosumtwi/Ashanti-Krater außer kleinsten Nickeleisen-Kügelchen keinerlei größere Mengen meteoritisches Fe Ni gefunden, während andere irdische Meteoritenkrater – bisher insgesamt 11 Stück an der Zahl – mehr oder weniger viel FeNi lieferten. Aber das Nördlinger Ries und der Bosumtwi/Ashanti-Krater wurden eben von Glasmeteoriten erzeugt, und diese enthalten kaum Nickeleisen. Die dennoch in diesen Kratern gefundenen Nickeleisen-Kügelchen rühren offenbar von FeNi-Einschlüssen innerhalb der Glasmeteorite her. Auch in Steinmeteoriten ist ja Fe und Ni enthalten, wobei ersteres etwa 0,2 %, letzteres etwa 13 % der Gesamtmasse ausmacht.

Wenn aber schon die Hauptmeteorite etwas FeNi enthielten, so muß dieses Material auch in den abgesplitterten Tektiten vorhanden sein. Tatsächlich entdeckte man auch in Tektiten der fernöstlichen Fundgebiete Nickeleisen-Kügelchen. Ungerechtfertigt ist es allerdings, wenn man nun gleich, wie manchmal geschehen, die Entstehung der Tektite mit dem Aufschlag von Eisenmeteoriten in Zusammenhang bringt.

Auch die vorwiegend kugelige Gestalt der Tektite wird durch die Perlsteintheorie verständlich. Die nach dem Zerfall des Perlsteins übrig bleibenden Kerne wurden deshalb immer nahezu rund, weil die zwiebelschaligen Sprünge des Perlsteins runde Formen ergaben. Die Tektite gehören zu den ständigen Ausstellungsstücken der Pulsnitzer Meteoritensammlung. Sie sind in den meisten Fällen das einzige Exemplar, welches die Pulsnitzer Sammlung von dem betreffenden Fundort besitzt. Die Größe dieser Tektite liegt zwischen 13 mm und 40 mm.

Zeigen die Tektite andere als kugelige Formen, so wurden die „Perlen“ deformiert, als sie durch die Erdatmosphäre flogen und hier eine – meist allerdings nur oberflächliche – Schmelzung erfuhren. Hinzu kommt, daß sich beim Zerfall des Perlsteins nicht nur kugelige Perlen bildeten, sondern daß auch die Zwischenteile übrig blieben, die den Raum zwischen den Perlen ausfüllen. Allerdings fielen ungünstig geformte Bruchstücke, also beispielsweise solche in Plattenform, meist dem Verbrennungsprozeß in der Erdatmosphäre zum Opfer. Sie boten – anders wie die runden Perlen – der Luft eine zu große Angriffsfläche. Auf diese Weise entstand bei den Tektiten ein gewisser Auswahl Effekt zugunsten kugeligere Formen.

In diesem Zusammenhang kann auch das Problem der „Mikrotektite“ geklärt werden. Als die perlitischen Glasmeteorite in der Erdatmosphäre zerfielen, hielten zwar wie gesagt die kugelschaligen Kerne den aerodynamischen Einwirkungen stand. Die Zwischenstücke zwischen den Kernen hatten jedoch meist kein so stabiles Gefüge, sie zerbröckelten in den meisten Fällen in eine Unmenge kleiner und kleinster Teilchen. Diese Teilchen

wurden bei ihrem Flug durch die Erdatmosphäre stark abgebremst, wodurch sie dem Verbrennungsprozeß entgingen und mit erheblich verminderter Geschwindigkeit allmählich auf die Erde herabregneten. Ihr Niedergehen erfolgte also nach anderen Prinzipien als das Niedergehen der normalen Tektite oder der normalen Meteorite, von dem Niedergehen der über etwa 100 t schweren „Riesenmeteorite“ ganz zu schweigen.

Mikrotektite wurden zuerst von **Glass und Heezen (44)** im Indischen und Pazifischen Ozean, nicht weit von dem fernöstlichen Tektitefundgebiet, entdeckt. Die Größe dieser Mikrotektite liegt in der Größenordnung 0,1 mm. Es scheint nach dem neuesten Stand der Forschung so zu sein, daß die Mikrotektite den weitaus größten Teil (über 99 %) des insgesamt gefallenen tektitischen Materials ausmachen. Nach anderen Angaben ist die Gesamtmasse der Mikrotektite mindestens 1000 mal größer als die Gesamtmasse der zentimetergroßen Tektite.

Auffällig ist ferner, daß die normalen Tektite niemals größer als etwa 100 mm und niemals schwerer als 3,2 kg sind. Diese Begrenzung war offenbar durch die perlitisches Struktur des Perlsteins bedingt, das heißt die zwiebelschaligen Sprünge des Perlsteins ergeben keine größeren Kerne oder Zwischenteile als solche von etwa 100 mm Länge. Dabei gehören derart große Tektite schon zu den Seltenheiten, die Durchschnittsgröße der Tektite beträgt 20 bis 40 mm. Damit unterscheiden sich die Tektite wesentlich von den Stein- und Eisenmeteoriten, von denen insbesondere die Eisenmeteorite enorme Abmessungen erreichen. Der 70 t schwere Eisenmeteorit von Hoba in Südwestafrika, der allerdings der kritischen 100 t-Grenze schon bedenklich nahe kommt, ist beispielsweise fast 3 m groß.

Nicht ausgeschlossen wäre es allerdings, daß auch einmal größere „Tektite“ als solche von etwa 100 mm Länge gefunden werden. Diese Tektite wären dann nicht nur durch den Zerfall perlsteinartiger Glasmeteorite entstanden, sondern rührten von Glasmeteoriten ohne Perlsteinstruktur her. Vielleicht ist das „Impaktglas“ von Libyen und Tasmanien, zu dem man bisher noch keinen zugehörigen Meteoritenkrater fand, Substanz derartiger, bei ihrem Niedergang noch irdisch verunreinigter Glasmeteorite. In Libyen entdeckte **P. A. Clayton** 1932 mitten in der Wüste auf einem 80 km langen und 25 km breiten Gebiet gelbliche und grüne Glasbrocken, die oft viele Kilogramm schwer waren. Und in Tasmanien wurden 1910 am Mount Darwin in weiter Entfernung vom nächsten Meteoritenkrater gläserne Massen gefunden, deren Gesamtmenge man auf mehrere hundert Tonnen schätzte.

Beim Flug der Tektite durch die Erdatmosphäre und bei der dadurch eintretenden meist oberflächlichen Schmelzung der Tektite erhielten diese auch eine den Stein- und Eisenmeteoriten ähnliche Oberflächenstruktur. Insbesondere entstanden damals auf der Oberfläche vieler Tektite jene für Meteorite typischen Gruben und Näpfchen, die man bei Stein- und Eisenmeteoriten als „Piezoglypten“ bezeichnet. Beispiele zeigt mit einem Moldavit aus Moldauthein bei Budweis von 37 mm Länge, und einem Eisenmeteorit aus Henbury in Australien von 200 mm Länge die Meteoritensammlung der Sternwarte Pulsnitz.

Eine andere Erscheinung an den Tektiten sind die bis zu einem Zentimeter großen luftleeren Blasen, die sich in der Mitte mancher Tektite befinden. Besonders bei den verhältnismäßig leicht schmelzbaren Tektiten von Billiton sind derartige Hohlräume nicht selten. Kaum daß dieselben gelegentlich etwas Neon, Helium, Sauerstoff oder Wasserdampf enthalten.

Die Erklärung für die Entstehung dieser Blasen ist für die Perlsteintheorie nicht schwer. Es handelt sich bei den betreffenden Tektiten um Perlsteinkerne, die bei ihrem Flug durch die Erdatmosphäre nicht durch eine oberflächliche, sondern vollständige Schmelzung erfuhren. Bei diesem Schmelzprozeß gaben die weichgewordenen Perlsteinkerne ihren Gasgehalt teilweise nach ihrem Innern ab und blähten sich auf diese Weise, ihrem kugelschaligen Aufbau folgend, etwas auf. Eine ähnliche Erklärung für die Hohlräume hatte bereits **G. Linck** vorgeschlagen.

Vielleicht diffundierten auch Bestandteile der Erdatmosphäre durch das Tektiteglas in die Hohlräume, so daß das darin enthaltene Gas irdische Beimengungen erhielt. Dadurch würde es verständlich, warum das Mengenverhältnis der in den Tektiteblasen nachgewiesenen Edelgase Ar, Kr und Xe dem der Erdatmosphäre ähnelt und warum bei dem Isotopenverhältnis $Ar^{40} : Ar^{36}$ beachtliche Parallelen zu den irdischen Werten bestehen.

Trat eine kurzfristige Schmelzung der Tektite in der Erdatmosphäre ein, so konnte auch Lechatelierit (= Kieselsäureglas) entstehen. Dieses in Blitzröhren, Impaktgläsern und Atombombenkratern vorkommende Mineral, das zu seiner Bildung eine rasche Schmelzung und eine rasche Abkühlung erfordert, wird bekanntlich auch in Tektiten gefunden. Vielleicht traten die Voraussetzungen zur Bildung von Lechatelierit aber auch schon bei dem vulkanischen Auswurf des tektitischen Materials aus dem Mondinnern ein.

Ein weiterer Beobachtungsbefund ist schließlich das Vorkommen der Hochdruckminerale Coesit, Baddeleyit und Stishovit in irdischen Meteoritenkratern und teilweise sogar in Tektiten. Die Drucke und Temperaturen, die zur Bildung dieser Minerale notwendig waren, kommen unter anderem beim Aufschlag großer Meteorite zustande. Da aber die lunare Perlsteintheorie den Niedergang großer Meteorite auf die Erde voraussetzt, bereitet es ihr keine Schwierigkeiten, das Vorkommen der genannten Minerale in den in Frage kommenden Meteoritenkratern physikalisch zu begründen.

Wenn jene Minerale ferner in geringen Mengen auch in Tektiten festgestellt wurden, so sind dafür offenbar die uns noch nicht näher bekannten Druck- und Temperaturverhältnisse im Mondinnern verantwortlich zu machen, in dem sich das Ausgangsmaterial für die Tektite einst befand. Bemerkt sei hierzu, daß Stishovit beispielsweise bei Drucken entsteht, wie sie in unserer Erde in 400 km oder 500 km Tiefe vorhanden sein mögen.

Bei dieser hier zur Diskussion gestellten lunaren Perlsteintheorie wird nunmehr sowohl die mineralogische Sonderstellung der Tektite als auch das Niedergehen der Tektite auf eng begrenzten Fallgebieten erklärbar. Aber auch viele andere an den Tektiten feststellbare Erscheinungen erfahren jetzt ihre Deutung.

Literatur: Wird für Interessenten nachgewiesen

Referierte Ergebnisse der Cospartagung in London Juli 1967

Fortsetzung

N. N. SHEFIV

Akademie der Wissenschaften Moskau/UdSSR

Wasserstoff- und Heliumkonzentrationen in der äußeren Atmosphäre

Die Geokorona

Der Hauptteil der modernen Daten über die Höhenverteilung von neutralen Wasserstoff- und Heliumatomen in der Hochatmosphäre ist aus den theoretischen Konstruktionen von Modellatmosphären gewonnen worden, wobei die Daten über die atmosphärische Dichte, die man durch Messungen des Satellitenwiderstandes erhielt, benutzt worden.

Optische Beobachtungen der Ly - und der H -Emissionen geben uns einen Überblick über die räumliche Verteilung von Wasserstoff und über seinen Gesamtgehalt in einer Säule. Aber die Komplexität des Verhaltens der H -Emission verlangt weitere Studien ihrer Variationen. Systematische Beobachtungen der Helium-Emission, deren Intensität und Höhenverteilung stark von der Temperatur abhängt, machen es möglich, die Struk-

tur der Atmosphäre zu bestimmen, jedoch muß der gesamte Komplex der Anregungs- und Entaktivierungsprozesse genau berücksichtigt werden.

Direkte Messungen der Konzentrationen der Lichtkomponente sind sehr selten und von diskontinuierlichem Charakter; dazu sind sie von geringer Genauigkeit und auf Höhen von ungefähr 700 km beschränkt. Die Folge ist, daß in großen Höhen der Wasserstoff- und Heliumgehalt nur annäherungsweise bekannt ist, und deshalb sollten systematische, direkte Messungen vorgenommen werden. Der Gehalt an Wasserstoff- und Heliumatomen wird in großem Maße durch ihre Bildungs- und Verfallsprozesse bestimmt. Die Höhenverteilung der Ionen sollte durch Experimente genauer festgestellt werden.

G. G. GETMENTSEV und L. N. EROUKHIMOV

Institut für radiophysikalische Forschung, Gorki/UdSSR

Szintillationen der Radiowellen von Satelliten und Sternen

1. Die Arbeit enthält die Ergebnisse von Radiostern- und Satelliten-Szintillationen während des Zeitraumes von 1958–1965, Tages-, Jahreszeiten- und Breitenvariationen der Szintillationen, und auch die Beziehung der Szintillationen zu magnetischer und solarer Aktivität werden behandelt. Besondere Berücksichtigung erfährt die Analyse der während des letzten Sonnenfleckenminimums (1963–1965) erlangten Daten.

Die Arbeit enthält auch eine kurze Beschreibung der bei Szintillationsmessungen angewandten Methoden, und einige theoretische Ergebnisse, die auf die Abhängigkeit der Szintillationen von ionosphärischen Anomalien hinweisen, erfahren besondere Berücksichtigung. Ein kurzer Teil der Arbeit befaßt sich mit den Radiostern-Szintillationen, die durch Anomalien des interplanetaren Plasmas verursacht werden. Schließlich werden einige Aspekte des Ursprungs ionosphärischer Anomalien betrachtet und weitere Möglichkeiten für das Studium der Anomalien mit Hilfe der Radiostern- und Satelliten-Szintillationen erörtert.

2. Der Zeitraum 1958–1965 ist durch eine allgemeine Abnahme des Szintillationsindex S gekennzeichnet. Die deutlichste Abnahme von S wurde in hohen Breiten (Kanada) beobachtet. Man fand, daß das Verhältnis $S_{1958}/S_{1962} \approx 2$ und daß $S_{1962} > 5$ war; der Kleinstwert von S wurde Ende 1964 beobachtet. In den mittleren Breiten ist die Variation von S mit der Sonnenaktivität nicht so ausgesprochen und wahrscheinlich komplexer als in den Polarregionen.

Die Breitenvariation des Index der Szintillationen bei Nacht hat ein deutliches Maximum am geomagnetischen Äquator. Der Index S bleibt in mittleren Breiten konstant und nimmt mit zunehmender geomagnetischer Breite in den subpolaren und Polarregionen scharf zu.

Während der Jahre des letzten Sonnenfleckenminimums schien sich die Grenze der Region, in der es eine scharfe Zunahme von S gibt, in höhere Breiten zu verschieben. In den Jahren 1964–1965 war die Zunahme des Index der Szintillationen bei Tage beim Fortschreiten von mittleren zu polaren Breiten ausgeprägter als der der Szintillationen bei Nacht.

Die Tagesvariation der Szintillationen hat ihr Maximum in allen Breiten bei Nacht. Das Verhältnis $S_{\text{bei Nacht}}/S_{\text{bei Tage}}$ nimmt mit zunehmender geomagnetischer Breite ab.

Während der Periode 1964 bis 1965 war die Tagesvariation von S in den Polarregionen annähernd 2:1 und 4:1 oder mehr in den mittleren Breiten. Diese Tagesvariationen von S veränderten sich nicht viel im Vergleich zu den Daten von 1958. Aber in einigen Artikeln wurde von einer definitiven Zunahme von $S_{\text{bei Nacht}}/S_{\text{bei Tage}}$ 1961 – 1962 im Vergleich zu 1958 berichtet.

Während der Periode 1964 – 1965 wurde in Australien ein deutliches Maximum der Szintillation bei Tage während des letzten Sonnenfleckenminimums beobachtet. 1958 wurden äquatoriale Szintillationen nur bei Nacht festgestellt.

Leider gibt es keine genauen Daten über die jahreszeitliche Variation der Szintillationen bei Nacht in mittleren Breiten während des letzten Sonnenfleckenminimums. Die Daten für frühere Jahre weisen offenbar auf die schwache jahreszeitliche Variation von S in mittleren Breiten hin. Die äquatorialen Szintillationen haben ein Maximum während der Herbst-Tag-und-Nacht-Gleiche.

Die jahreszeitlichen Variationen sind wahrscheinlich bei Szintillationen am Tage ausgeprägter. In geomagnetischen Breiten von $50 - 55^\circ$ steht der Szintillationsindex 1963 – 1965 mit dem magnetischen K-Index in Wechselbeziehung.

In höheren Breiten ist die Variation von S mit K annähernd linear. Wenn K von $0 - 1$ auf $6 - 7$ zunimmt, nimmt S um ein Mehrfaches zu. Nach den Daten von 1962 fehlten die Variationen von S mit der magnetischen Aktivität. 1963 – 1964 nahm die Häufigkeit der Szintillationen bei Nacht im Herbst zu, als auch die magnetische Aktivität zunahm. Im Frühjahr wurde eine solche Abhängigkeit für die Szintillationen bei Tage nicht beobachtet.

Durch die Verbindung der Ergebnisse der Beugungstheorie mit den experimentellen Daten der Amplituden- und Phasen-Szintillationen ist es möglich gewesen, Daten für die Parameter der ionosphärischen Anomalien zu erhalten, die für die Szintillationen verantwortlich sind. Amplituden-Szintillationen (1958 und 1963 – 1965) wurden zum größten Teil durch Anomalien der F-Region von einer durchschnittlichen Größe von ~ 1 km verursacht.

Während der magnetischen Störungen gab es eine Zunahme des Einflusses der Anomalien in Dimensionen von mehreren hundert Metern. Die Höhe des maximalen Vorkommens der Anomalien lag bei 300 – 350 km, und sie

änderte sich in dem Zeitraum 1958 – 1965 nicht wesentlich. Bei Tage schien der Einfluß der Anomalien der E-Region zuzunehmen.

Die Höhe der Anomalien, die für Szintillationen verantwortlich sind, nahm während der magnetischen Störungen (1965) bei durchschnittlich 50° zu, besonders bei Tage. Anomalien (besonders in den mittleren Breiten) wurden gewöhnlich in örtlichen Regionen mit Abmessungen von mehreren hundert Kilometern beobachtet.

Die Arbeit enthält auch die Daten, welche die Parameter von Anomalien im großen Maßstab mit Abmessungen von 5 – 10 km bis zu 200 – 400 km betreffen. Es wurde festgestellt, daß der Wert der relativen Fluktuationen der Elektronendichte bei Anomalien aller Größen wächst und mit einer Zunahme ihrer Abmessungen verbunden ist.

3. Schließlich werden einige Probleme, die den Ursprung ionosphärischer Anomalien in verschiedenen Breiten betreffen, erörtert. Die Autoren glauben, daß ein weiterer Fortschritt beim Studium ionosphärischer Anomalien mit Hilfe von Radiostern- und Satelliten-Szintillationen möglich ist, wenn Übereinkommen über kontinuierliche und systematische Messungen nach einer gemeinsamen Methode in einem weiteren Netzwerk von Observatorien getroffen werden können.

J. W. KING

Radio- und Raumforschungs-Station Slough, Vereinigtes Königreich Großbritannien

Die Großstruktur in der Ionosphäre mit den Ergebnissen von Toppseitenlotgeräten

Viele der gut bekannten Anomalien der F-Schicht scheinen die Folgen von weit verbreiteten Verhaltensmustern zu sein. Dies Verhalten ist in großem Maße den vertikalen ionosphärischen Driften zuzuschreiben, die ihrerseits durch horizontale atmosphärische Winde, die in den Höhen der F-Schicht wehen, verursacht werden.

Vieles der heutigen Information über die ionosphärische Morphologie ist von Satellitenmessungen hergeleitet worden (einschließlich der von Toppseitenlotgeräten gemachten), und diese müssen erörtert werden.

S. A. BOWHILL

Universität von Illinois, Urbana, USA

Die Wechselbeziehungen zwischen der Stratosphäre und der Ionosphäre

Bis vor kurzem dachte man, daß kein Zusammenhang zwischen den Ereignissen in der Stratosphäre und denen in der Ionosphäre bestünde, aber jetzt steht ein überzeugender Beweis zur Verfügung, der zeigt, daß ein Wechsel in der Temperatur der Stratosphäre einen ausgeprägten Zusammenhang mit Veränderungen in der ionosphärischen Absorption, die in der D-Region auftritt, hat.

Auf der Suche nach einer Erklärung dieser Effekte muß man zunächst untersuchen, wie stratosphärische Phänomene überhaupt auf die Ionosphäre einwirken können, ob die hervorgerufenen Veränderungen mit Veränderungen in der Elektronendichte oder in der Stoßzahl zusammenhängen, und im ersten Falle muß man die Natur der enthaltenen photochemischen Prozesse untersuchen. Die verschiedenen Möglichkeiten werden erörtert und Anregungen für kritische Experimente, die Probleme zu lösen, gegeben.

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Halbjahr 1969

Refraktor: 50 mm

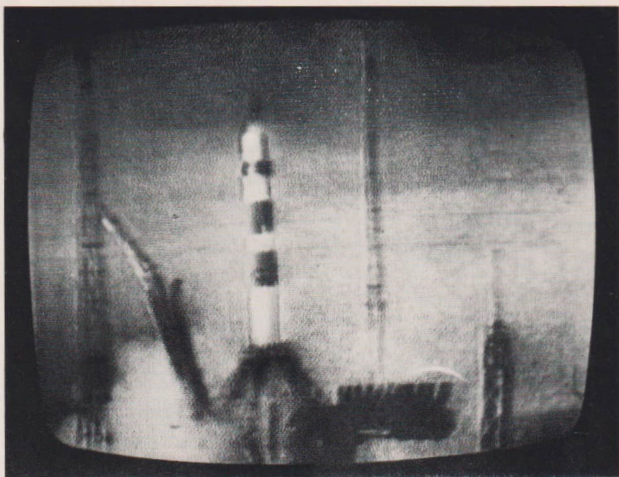
R_{111} = Monatsmittelwert

Monat	R_{111}	n
Januar	73,0	4
Februar	72,3	12
März	68,6	13
1. Vierteljahr:	70,7	29

Vergrößerung: 30fach

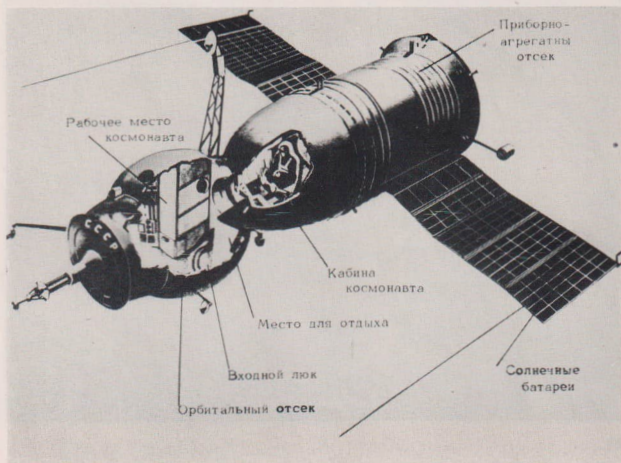
n = Anzahl der Beobachtungen

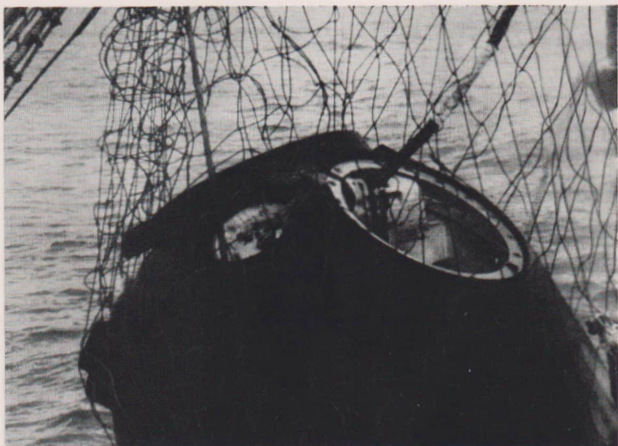
Monat	R_{111}	n
April	51,8	9
Mai	—	—
Juni	48,7	15
2. Vierteljahr:	49,9	24



Oben: Start einer sowjetischen Sojus-Trägerrakete.

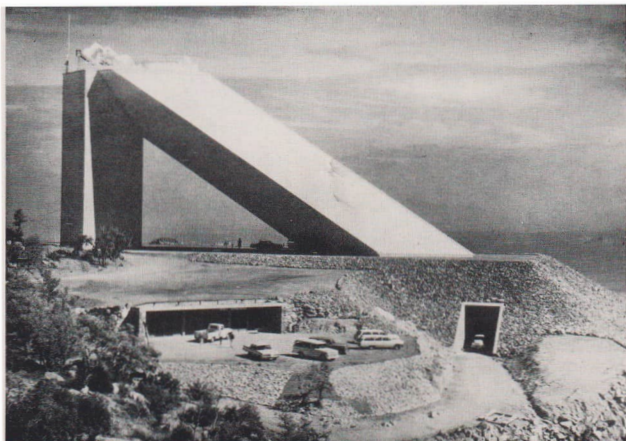
Unten: Schema eines sowjetischen Sojus-Raumschiffes mit Orbitalsektion.



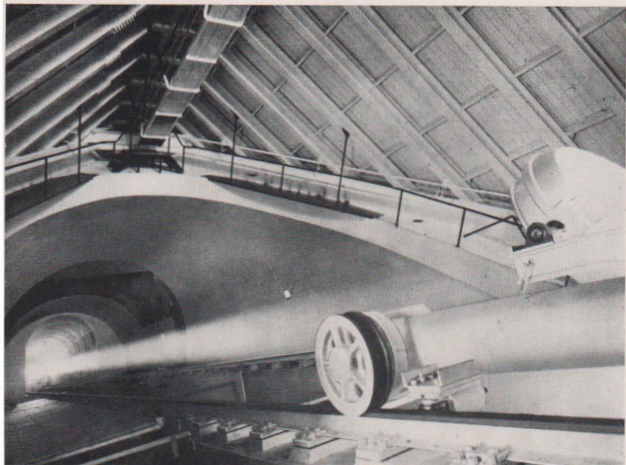


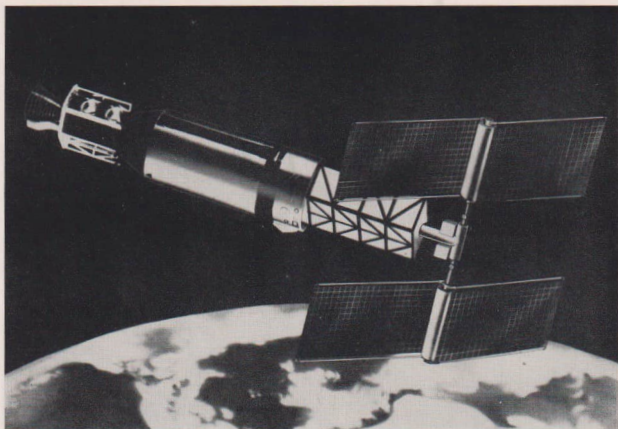
Oben und unten: Bergung der vom Mondflug zurückgekehrten Instrumenten-Kapsel der sowjetischen Sonde 5.





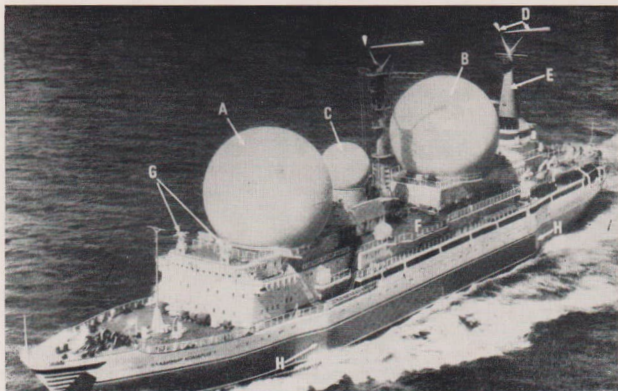
Oben und unten: Das Sonnenteleskop des Kitt Peak National Observatorium (Arizona, USA). Dieses 60-Zoll-Instrument dient ausschließlich dem Studium der Sonne. Fotos: Keystone.





Oben: Modellskizze eines Rolladens aus Sonnenzellen von der Hughes Aircraft Company zur Versorgung von Satelliten auf Umlaufbahnen mit elektrischer Energie. Die beiden Bänder von je 1,75 m Breite und 4,85 m Länge werden von einer Trommel wie Fensterrollläden abgerollt und vermögen einen Satelliten mit 1500 W Strom zu beliefern. Die Band-Felder sind mit Silizium-Sonnenzellen bedeckt.

Unten: Die schwimmende sowjetische Raumfahrtstation „W. Komarow“.



Das zweite Vierteljahr 1968 hatte die mittlere Relativzahl von 70,5 und überragte die Zahlen für die übrigen Vierteljahre eindeutig, demnach wurde für Mai 1968 das letzte Sonnenfleckennaximum angenommen. Das I. Vierteljahr 1969 brachte nun mit $R_m = 70,7$ eine Überraschung. Im I. Halbjahr 1969 wurde am 24. Februar mit $g = 7$ und $f = 35$ ein R-Wert von 105 erreicht. In den beiden ersten Monaten war an 9 Tagen die Gruppenzahl $g \geq 7$, wodurch die R-Werte meistens in der Nähe von 90–100 lagen. Wahrscheinlich handelt es sich diesmal um ein recht breites Maximum, es muß daher damit gerechnet werden, daß die ausgeglichenen Werte das Maximum auf den Herbst 1969 verschieben. Besonders intensiv war die Fleckenbildung vom 21.–28. Februar, vom 28. März bis 6. April und vom 10.–14. Juni. Die Junigruppen hatten eine große zonale Ausdehnung, die beiden Hauptkerne waren durch eine breite Hofbrücke miteinander verbunden, in der viele kleine Flecken eingelagert waren. Für den Monat Mai liegen wegen Krankheit keine Beobachtungen vor.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Zur Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin

Schon mehrfach wurde in dieser Zeitschrift über die aktive und fruchtbringende Arbeit astronomischer Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes in vielen Orten unserer Republik berichtet. Durch Initiative, Einsatzbereitschaft und unermüdete Mitarbeit von jungen und alten Sternfreunden wird in diesen Fachgruppen Anerkennenswertes für unsere schöne Wissenschaft geleistet. Ich denke dabei beispielsweise an die sehr rührigen Fachgruppen in Potsdam, Dresden oder Hartha.

Sicherlich haben auch in Berlin und dessen näherer Umgebung interessierte Amateurastronomen den Wunsch, sich in einem solchen Kollektiv zu betätigen. Es ist bedauerlich, daß in Berlin noch keine Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes besteht.

Ich rufe deshalb alle Berliner Sternfreunde, die an der Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin interessiert sind, zu aktiver Mitarbeit auf. Übermitteln Sie bitte Ihre Bereitschaft schriftlich, möglichst mit Angabe Ihrer fachlichen bzw. autodidaktischen Ausbildung sowie Ihrer beruflichen Tätigkeit, an die Redaktion dieser Zeitschrift.

Nach der ersten Veröffentlichung im Januarheft sind Meldungen bereits erfolgt. Weitere werden erbeten.

Dietmar Stachowski

Aus der Literatur

Moderne astronomische Beobachtungsmethode

Das Auflösungsvermögen astronomischer Beobachtungsinstrumente ist dem Durchmesser des Instrumentes umgekehrt proportional und bei der Beobachtung benutzten Wellenlänge direkt proportional ($u \sim \lambda/D$). Im allgemeinen wird im optischen Bereich ($300 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$) und im Radiofrequenzbereich ($1 \text{ cm} \leq \lambda \leq 25 \text{ m}$) bei astronomischen Beobachtungen von der Erdoberfläche aus gearbeitet. Da die Wellenlängen der beiden Bereiche sich grob um den Faktor 10^7 unterscheiden, ist bei gleicher Instrumentenöffnung das Auflösungsvermögen im Radiofrequenzbereich um den Faktor 10^7 schlechter.

Der bekannte 2-m-Spiegel (Tautenburg) hat bei 500 nm ein theoretisches Auflösungsvermögen von 0,01 Bogensekunde; ein Radioteleskop von 2 m Durchmesser hätte bei 1 m Wellenlänge ein Auflösungsvermögen von $35''$. Um mit Radioteleskopen „optische“ Auflösungsvermögen zu erreichen, sind Instrumente von mehreren Kilometern Öffnung notwendig. Ein solches Instrument simulierten schwedische und amerikanische Wissenschaftler durch den parallelen Einsatz von Radioteleskopen in Schweden und in Kalifornien. Die gewonnene Information entspricht der eines Instrumentes von 9000 km Öffnung. Damit ist eine Auflösungsgrenze von 0,0006 Bogen-

sekunden bei 6 cm Wellenlänge erreicht. Unter diesem Winkel würde von Berlin aus gesehen in Rostock ein Objekt von etwa 0,6 mm Ausdehnung erscheinen.

Mit dieser Beobachtungsmethode wurden u. a. folgende Ergebnisse erzielt:

1. Schon lange ist bekannt, daß der Quasar 3 C 273 aus zwei etwa 20 Bogensekunden von einander entfernten Komponenten besteht. Jetzt konnte man feststellen, daß die Komponente B wieder aus mindestens zwei Emissionszentren aufgebaut ist. Der Durchmesser des einen Zentrums liegt bei 0,002 Bogensekunden, der des anderen unter der Auflösungsgrenze von 0,0006 Bogensekunden. Damit wäre der lineare Durchmesser der Strahlungsquelle etwa 1 Lichtjahr bei einer Entfernung von einigen Milliarden Lichtjahren von 3 C 273.

2. Innerhalb unserer Galaxie hat man bei 18 cm Wellenlänge Emissionen des OH-Radikals beobachtet. Eine solche Quelle befindet sich in Richtung Cassiopeia bei 6000 Lichtjahren Entfernung. Der Durchmesser der Strahlungsquelle konnte infolge der hohen Auflösung nun zu nur 0,004 Bogensekunden bestimmt werden. Das entspricht einer linearen Ausdehnung von einer Milliarde Kilometer, also einer Strecke von etwas mehr als dem Abstand des Jupiter von der Sonne. Aus der beobachteten Intensität aus diesem kleinen Volumen folgt eine scheinbare Emissionstemperatur von 10^{15} Grad. Die emittierenden OH-Moleküle, die Ursache der 18 cm-Strahlung, können aber nur eine Temperatur von einigen Grad Kelvin haben. Dieses Paradoxon hat noch keine befriedigende Lösung gefunden.

Sm.

Nach: Physikalische Blätter, 1968, Heft 11, S. 158.

Über eine Methode zur Erhöhung der Reichweite fotografischer Aufnahmen

Es ist heute in der modernen Astronomie notwendig, die Helligkeit und auch die Position schwächster Objekte (z. B. der Quasare, die optisch schwach und radiofrequenzmäßig hell sind) zu bestimmen. Die bei uns ankommende Strahlung dieser Objekte ist oft so gering, daß bei Verwendung von Instrumenten sehr großer Öffnung eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit der fotografischen Emulsionen keinen Erfolg verspricht, denn die empfindlichere Emulsion würde auch die Schwärzung des Himmels hintergrundes auf der Aufnahme erhöhen und die schwachen Strahlungsquellen nicht hervortreten lassen. Sie würden im Rauschpegel untergehen. Andererseits hat der Amateurastronom den Wunsch, mit seinem im allgemeinen kleineren Instrument mit den vorhandenen Emulsionen ebenfalls zu schwachen Sternen und damit weiter in den Raum vorzudringen.

Bronkalla berichtet über das Superpositionsverfahren zur Erhöhung der Reichweite und damit erzielter Ergebnisse. Dieses Verfahren, viele Platten einer Himmelsgegend übereinander zu kopieren und dadurch Informationen, die auf Einzelplatten nicht erkennbar sind, in der Summe deutlich zu machen, ist in seiner praktischen Durchführung relativ einfach. Dem Autor ist es gelungen, Reichweitensteigerungen von mehr als einer Größenklasse zu erreichen (er hat dafür 10 Aufnahmen übereinander kopiert). Der Gewinn ist an mitgeteilten Abbildungen gut zu erkennen.

Für die Forschungsarbeit ist nicht nur der reine Reichweitengewinn von Bedeutung, sondern auch die Verhältnisse der Weiterverarbeitung der Information, in diesem Falle die Photometrierbarkeit der summierten Information. Auch dafür ergeben sich durch das Superpositionsverfahren keine Nachteile im Vergleich zur Einzelplatte.

Sm.

Nach: Bronkalla, Über eine Methode zur Erhöhung der Reichweite photographischer Aufnahmen. Die Sterne, 1968, Heft 9/10, S. 193

Neues über Pulsare

In jüngster Zeit hat die Überlegung, daß die Pulsare Neutronensterne sind, an Wahrscheinlichkeit gewonnen.

Neutronensterne können mit zu den Restprodukten von Supernovaexplosionen gehören. In den Neutronensternen herrschen sehr extreme Bedingungen. In ihnen sind Protonen und Elektronen zu Neutronen vereint und so dicht gepackt, daß z. B. die Masse unserer Sonne (2×10^{33} g) in einer Kugel von weniger als 20 km Platz hätte. Für die Sonne wäre das eine Radiusveränderung um etwa den Faktor 10^{-6} . Damit ist klar, daß die Dichte enorm hoch sein muß; in einem Kubikzentimeter befinden sich schon mehrere Millionen Tonnen Masse (die „Sonne“ mit 20 km Durchmesser hätte eine Dichte von $\rho = 500$ Millionen Tonnen pro Kubikzentimeter). Diese Sterne können sich sehr schnell – im Extremfall bis zu 100 mal pro Sekunde – um ihre eigene Achse drehen und ein Magnetfeld bis zu 10^{13} Gauß haben, also eine ganz starke Magnetosphäre. Plasmawolken in der Magnetosphäre rotieren dann – festgehalten von dem starken Magnetfeld – mit enorm hoher Geschwindigkeit. Bei speziellen Magnetfeldformen wird Plasma in der Äquatorebene an gegenüberliegenden Punkten aus der Magnetosphäre herausgeschleudert. Die Elektronen in diesem Plasma strahlen Radiowellen ab.

Wie bei einem Leuchtturm werden hier also zwei Strahlenbündel an gegenüberliegenden Punkten in den Raum geschickt. Ein Beobachter, der sich in der Ebene der Strahlenbündel befindet, z. B. die Erde, wird rhythmisch von den Radiowellen überstrichen, wie ein Mensch, der einen Leuchtturm beobachtet.

Durch die Energieabgabe in Form der Strahlung verlieren die Neutronensterne Rotationsenergie und damit muß die Pulsfolge langsamer werden. Australische Astronomen glauben nun, bei einigen Pulsaren tatsächlich eine Abnahme der Pulsfrequenz seit ihrer Entdeckung gefunden zu haben.

Zum anderen müssen Pulsare, wenn es Neutronensterne sind, dort zu finden sein, wo man mit anderen Methoden Supernovaüberreste nachgewiesen hat. Auch das ist gelungen. So hat man auch im Krebs-Nebel, dem Überrest der Supernova in unserer Galaxie aus dem Jahre 1054, einen Pulsar gefunden.

Sm.

Nach: Bild der Wissenschaften, Heft 4, 1969, S. 374.

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 Pffaffe

Entwicklungstendenzen bei Solarzellen

H. D. NAUMANN

Solarzellen haben heute für die Energieversorgung von Raumflugkörpern von allen möglichen Verfahren die größte Bedeutung. Sie kommen z. Z. ausschließlich in Form von pn- oder np-Zellen auf Siliziumbasis zum Einsatz. pn-Zellen haben bei Betriebsbeginn unter Weltraumbedingungen einen Wirkungsgrad von $11 \dots 12\%$, np-Zellen einen solchen von $7 \dots 8\%$. Bei pn-Zellen wird dieser Wert jedoch durch Strahlungseinwirkungen schnell reduziert. Ein merklicher Abfall tritt bereits nach $2 \dots 3$ Monaten ein. np-Zellen sind strahlungsfester. Eine Wirkungsgradminderung ist etwa nach einem Jahr feststellbar, sie ist geringer als bei pn-Zellen. Das Leistungsgewicht beider Typen liegt bei einer Mindeststärke von etwa $0,15$ mm für die reine Zelle bei $150 \dots 170$ W/kg, unter Berücksichtigung der tragenden Konstruktionen für Satelliten in der Größenordnung von $60 \dots 80$ W/kg.

Die gegenwärtige Entwicklung der Solarzellen, die auch heute noch unter dem Hauptaspekt der Raumfahrtanwendungen erfolgt, ist darauf gerichtet, Materialien zu erschließen, die einen möglichst hohen Wirkungsgrad bei den im Raum herrschenden extremen Umweltbedingungen, z. B. Temperaturen zwischen mindestens -100°C und $+100^\circ\text{C}$, ergeben. Zum anderen wird eine höhere zeitliche Konstanz angestrebt, die vor allem durch strahlenfestere Zellen erreichbar ist.

Aussichtsreich als Grundmaterial für Solarzellen sind heute vor allem Gallium-Arsenid (GaAs), Cadmium-Tellurid (CdTe) und Cadmiumsulfid (CdS).

GaAs läßt mit ca. 23% nicht nur einen höheren theoretischen Wirkungsgrad erwarten als Si, sondern es zeigt auch eine geringere Temperaturempfindlichkeit und eine höhere Strahlenresistenz. Als nachteilig sind die hohen Kosten des Galliums und die technologischen Schwierigkeiten der Kristallbildung zu nennen, die eine praktische Anwendung z. Z. noch nicht erwarten lassen.

Besonders aussichtsreich erscheinen z. Z. CdTe und CdS-Zellen, die als Dünnschichtzellen nach den Technologien des Aufdampfens oder Aufsprühens von Halbleitern hergestellt

werden und damit in den spezifischen Herstellungskosten (Mark/W) um ca. 3 Zehnerpotenzen niedriger liegen als die Si-Zellen.

Die theoretischen Wirkungsgrade von CdTe und CdS liegen bei 23 und 18 %, heute erreichte Werte in der Größenordnung von 7...8 %. CdTe-Zellen sind weitaus weniger strahlungsempfindlich als Si-Zellen. Reduziert ein Gesamtfluß von 10^{16} Elektronen von 1 MeV den Kurzschlußstrom von Si-Zellen um 50 %, beträgt die Minderung bei CdTe-Zellen nur 5 %.

In Frankreich entwickelte Zellen auf CdTe-Basis zeigen folgenden Aufbau: Auf einer $20 \dots 25 \mu\text{m}$ dicken Trägerplatte aus Molybdän befinden sich zunächst zwei dünne Schichten aus Indium und CdS zur Kontaktierung. Die darauffolgende aktive Schicht aus CdTe ist nur $15 \dots 25 \mu\text{m}$ dick. Auf ihr befindet sich die p-Schicht aus Kupfertellurid, die durch eine kammartige Goldelektrode kontaktiert ist. Mit sehr guten Zellen von $48 \times 70 \text{ mm}^2$ Fläche wurden bei einer Anregung mit 50 mW/cm^2 eine Leerlaufspannung von 0,63 V, ein Kurzschlußstrom von 186 mA, Maximalleistungswerte von 73 mW und ein Wirkungsgrad von 5,5 % erreicht.

Eine interessante Entwicklung wurde schließlich vom japanischen Matsushita-Konzern bekannt. Hier wurden Solarzellen auf Cadmiumoxyd-Basis entwickelt, die durch starkes Erhitzen und Sintern dieses Stoffes hergestellt werden. Da damit auf bekannte technologische Prozesse zur Herstellung von Formteilen zurückgegriffen werden kann, ergeben sich weit geringere Fertigungskosten, die etwa $\frac{1}{10}$ der der Si-Zellen betragen. Auch diese Zellen zeichnen sich durch hohe Strahlungsfestigkeit aus.

Literatur:

Hollax, E.: *Astronomie u. Raumfahrt*, H. 1/68, S. 6-10. - Lebrun, J., u. a.: *L'Onde électrique*, H. 4/68, S. 351-357.

Simulation in Raketen- und Raumfahrttechnik

HANS-K. REMANE

1. Begriff der Simulation

In vielen Fachzeitschriften des In- und Auslandes liest man in letzter Zeit immer häufiger den Begriff der Simulation. Gerade im Zusammenhang mit der Zunahme der Bedeutung der elektronischen Datenverarbeitung erlangt auch dieser Begriff zunehmende Bedeutung. Rundfunk und Fernsehen verwenden den Begriff ebenfalls in wirtschaftswissenschaftlichen Betrachtungen usw.

Beim Aufnehmen dieses Begriffes bleibt aber meistens die Frage offen, was überhaupt unter Simulation verstanden werden muß. Fachzeitschriften auf den Gebieten der Raketentechnik und Raumfahrt und der mathematischen Modellierung ökonomischer Prozesse enthalten viele Beiträge, in denen spezielle Simulationsprobleme behandelt werden, lassen aber immer die Frage nach dem eigentlichen Sinn, was Simulation ist und warum simuliert wird, unbeantwortet.

Nach KOXHOLT (1) versteht man unter Simulation bzw. Simulieren das reine, wirklichkeitsäquivalente Nachahmen der Wirklichkeit. MOSS (2) sieht dies etwas anders

und geht von einer Abstraktion aus. Er spricht von der Möglichkeit, fünf Grade der Abstraktion zu unterscheiden. In Anlehnung an (2) ergibt sich für raumfahrttechnische Betrachtungen folgende Abstraktionsmöglichkeit:

Übersicht 1:

Grad	Inhalt	Beispiel
0.	Der Prozeß oder die Situation selbst	Simulation eines Fluges Erde-Mond
1.	Eine Nachbildung des Ausgangsprozesses oder der -situation im gleichen Maßstab	Landeanflug bei Mondlandung
2.	Ein Labormodell, das die Vorerprobung oder Wiederholung unter praktisch wirklichkeitsäquivalenten Bedingungen ermöglicht	Sonde Venus 4
3.	Das vollständige Herauslösen wesentlicher Elemente des Prozesses oder der Situation und die entsprechende Nachbildung	Rendezvous und Docking, Ausstiegsmanöver
4.	Ein geschlossenes analytisches Modell eines Prozesses oder Situation	Optimierungsprobleme einer Mehrstufenrakete

Nach (2) sind im erweiterten Sinne alle echten der aufgeführten Abstraktionsgrade, also 1.-4. Grad, Simulation. Betrachtet man nach (2) das Problem im engeren Sinn, so soll jedoch nur der 3. und 4. Grad, letzterer nur in bestimmten Fällen, als Simulation bezeichnet werden. Bezüglich der Simulation im 3. und 4. Grad muß gesagt werden, daß für raumfahrttechnische Betrachtungen diese Einengung nicht in jedem Fall vorteilhaft ist, sondern wie die Beispiele zeigen werden, auch alle 5 Grade in Betracht kommen können.

2. Simulationsmodelle

Bei der Nennung der Abstraktionsgrade tauchte wiederholt der Begriff des Modells auf. Dieser Begriff stammt aus der Kybernetik, und man versteht darunter, unter Anlehnung an (3), eine Abbildung der Fakten, Dinge und Relationen eines bestimmten Wissensbereiches auf eine einfachere, übersichtlichere Struktur dieses Bereiches oder eines anderen Bereiches. Diese Modelle beruhen größtenteils auf mathematischen Methoden. Beispielsweise kennen wir deterministische, stochastische und strategische Modelle. Zu letztgenannten Modellen gehört auch die Simulation sowie die Spieltheorie.

Nachfolgend sollen drei Beispiele typischer raumfahrttechnischer Modelle kurz erläutert werden, die als Simulationsmodelle in Betracht kommen:

2.1 Modell eines komplexen Prozesses

Dieses Modell kommt in Betracht, wenn die mathematisch-analytische Formulierung gegenwärtig nicht allumfassend möglich ist. Einige Beispiele sollen zur Erläuterung dienen:

Für bemannte Raumschiffe stellt die Anwendung eines Hitzeschutzschildes eine wichtige Überlebensnotwendigkeit dar. Nun ist zwar die Konstruktion eines derartigen Hitzeschutzschildes mittels Anwendung der Monte-Carlo-Methode nicht im Bereich des Unmöglichen, was aber Schwierigkeiten mit sich bringt, ist die teilweise große Unkenntnis über die Temperaturbelastung beim Wiedereintritt in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre.

Um die Temperaturbelastung der Apollo-Kapsel zu simulieren, brachte man bei einem Prüfstandversuch einige Tausend Heizelemente an der Außenhaut der Kapsel an. Nachdem diese zum Glühen gebracht wurden, konnte man nach bestimmten Zeiteinheiten die Auswirkungen der Temperaturbelastung auf die Kapseloberfläche erkennen, auswerten und somit wichtige Hinweise für ökonomischen Werkstoffeinsatz, Gesamtkonstruktion usw. gewinnen und darüber hinaus auch für andere Probleme im Bereich der Hochtemperaturerfahrungen sammeln.

Gerade das Problem des richtigen Werkstoffeinsatzes für Wiedereintrittskörper ist nur durch Simulation zu lösen. Auf dem größten Hitzeprüfstand der Bundesrepublik im Institut für Flugzeugbau der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (Braunschweig) untersuchte ein Forscherteam die Bedingungen, denen Werkstoffe bei der Rückkehr aus dem All ausgesetzt sind. Mit Hilfe von 300 Infrarot-Strahlern simulierten sie die Reibungswärme beim Wiedereintritt von Flugkörpern in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre (Die Anlage wurde im Forscher-Jargon als Super-Grill bezeichnet). Der Leiter des Versuches, Dr.-Ing. Rudolf Prinz, erläuterte den Sinn der Versuche mit dem Satz: „Wir wollen die Grundlagen des Verhaltens von Werkstoffen unter extremen Hitzeinflüssen erforschen, da selbige noch weitgehend unbekannt sind“.

Die so gewonnenen Forschungsergebnisse können anschließend mit mathematischen Methoden erfaßt und somit auch modelliert werden. Ein komplexer Prozeß kann auch mit Hilfe eines Ablaufplanes geschaffen werden. Ein derartiges Modell kann die Form einer Prüf- und Kontrollplanung sein. Die Kontrollplanung für Raumfahrtprojekte ist nach KELLER (4) abhängig vom Fertigungsplan und kontrolliert z. B. Zulieferanten, Materialbereitstellung, Ergebnisse einzelner Fertigungsabschnitte usw., während die Prüfplanung vom Entwicklungsablaufplan abhängig ist und sich je nach dem Prüfpfz auf Entwicklungserprobung, Pflichtprüfung oder reine Funktionsprüfung beziehen kann.

2.2 Modelle für andere Prozesse

Hierbei handelt es sich um Modelle für solche Prozesse, die aus Zeit-, Kosten- oder anderen Gründen nicht von vornherein an experimentellen Versuchen studiert werden können. Als Beispiel soll die sowjetische Sonde Venus-4 erwähnt werden. Von dieser Sonde befand sich ein Duplikat in einem Simulator, in dem nach Meßwerten jeweils die gleichen Bedingungen hergestellt wurden, denen das Original auf dem Flug zur Venus ausgesetzt war.

Kommandos wurden erst gegeben, wenn das Duplikat im Simulator das entsprechende Kommando und das zugehörige Manöver richtig ausführte. Somit war es weiterhin möglich, die Zahl der Flugbahnkorrekturen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Bei Venus-4 waren nur zwei Bahnkorrekturen notwendig. Da dieses Verfahren sehr viele Vorteile aufweist, wird man anstreben, diese Art der Simulationstechnik zu verallgemeinern.

2.3 Systematische Datenverfolgung

Es geht um ein systematisches Verfolgen der Daten, d. h. des Verhaltens während des Ablaufes eines modellierten Prozesses. Hier läßt sich die Überwachung und Auswertung der Probeläufe des F1-Triebwerkes mit einer IBM-Datenverarbeitungsanlage einordnen. Nach (5) wurden bei Probeläufen die ermittelten Meßwerte durch Datenfernübertragungsanlage zum über 100 km entfernt stationierten Computer vom Typ IBM 7094 übertragen. Die EDVA wurde mit zwei Programmen gespeist. Ein Programm enthielt das mathematische Modell eines idealen F1-Triebwerkes, und das zweite Programm erfaßte alle, den Probelauf evtl. beeinflussenden Extreme. Aus den Ergebnissen wurden die Arbeitscharakteristiken des Triebwerkes ermittelt und die Rechenwerte zum Prüfstand rückübertragen.

Zwei weitere Simulationsmodelle der Raumfahrt sollen nur erwähnt werden. Auf nähere Erläuterungen einzugehen, würde über den Rahmen dieses Beitrages hinausführen. Sie sollen deshalb nur genannt sein:

2.4 Untersuchungen des Einflusses verschiedener Größen auf den Ablauf eines komplizierten Prozesses zum Zweck der Trennung der Größen in wesentliche und vernachlässigbare Größen, um eine nachfolgende mathematisch-analytische Formulierung zu erleichtern.

2.5 Aufspalten eines komplexen Prozesses in Teilsysteme zur Erkundung eines black-box im Sinne der Kybernetik.

3. Simulationstechnik

Die Simulationstechnik der Raumfahrt ähnelt, allgemein betrachtet, in ihren Grundzügen den Simulationsproblemen der Luftfahrt. Wie in der Luftfahrt, so werden auch in der Raumfahrt alle Systeme, das Gesamtsystem sowie alle Teilsysteme des zur Anwendung kommenden Gerätes unter den späteren Bedingungen ihres Einsatzes untersucht. Um Schlußfolgerungen wie Erfahrungen und Verbesserungen sofort in die Konstruktion einfließen zu lassen, kommt der Simulationstechnik schon im Entwurfsstadium des entsprechenden Gerätes eine große Bedeutung zu.

3.1 Aufgaben der Simulation

An Hand der Übersicht 2, S. 90, soll verdeutlicht werden, wie aus der Definition die Aufgaben abgeleitet werden können.

3.2 Simulatoren

Simulatoren sind Nachbildungen eines Gerätes, z. B. auch originalgetreue Nachbildung der Kommandosektion eines bestimmten Raumfluggerätes, zum Trainieren aller im Normal- und Notfall vorkommenden Flug- und Bewegungszustände. Um die originalgetreue Nachbildung zu erreichen, ist die naturgetreue Darstellung von Sicht- und Bewegungseindrücken notwendig.

3.2.1 Darstellung von Sichteindrücken

Die Sichtinformation ist auf alle Fälle notwendig, um die Lage im Raum einwandfrei zu vermitteln.

Bewährt haben sich hier Simulatoren mit freistehendem Sitz vor einer Projektionswand. Zwei getrennte Räume sind hierfür notwendig. Soll beispielsweise eine Mondlande-Simulation durchgeführt werden, so ist in einem Raum die naturgetreue in verschiedenen Maßstäben nachgebildete Mondlandschaft als Modell drehbar gelagert. Mittels einer Fernsehkamera, die an einer Kameratransporteinrichtung angebaut ist, wird die Mondlandschaft aufgenommen und das Bild durch Fernsehprojektion auf eine Projektionswand im eigentlichen Simulationsraum projiziert. Über einen Computer lassen sich nach entsprechenden Befehlen Flugbewegungen simulieren, indem die Kamera um mehrere Freiheitsgrade gedreht wird. Die Besatzung im Simulationsraum kann auf diese Art und Weise auf ihre entsprechenden Tätigkeiten trainiert werden.

3.2.2 Darstellung von Bewegungseindrücken

Durch die Nachbildung von Bewegungseindrücken kann eine wesentliche Wirkungssteigerung erzielt werden. Außerdem kommt dadurch die Reaktion der entsprechenden Versuchsperson dem wirklichen Verhalten näher. Im Trainingszentrum der NASA wurde ein großer Simulator mit 5 Freiheitsgraden speziell für Raumflugaufgaben entwickelt. Je nach Aufgabenstellung der Simulation kann die Kabine so gedreht werden, daß der Astronaut seine Flugaufgabe unter der Wirkung einer Beschleunigung von 5, maximal 6 g, ausführen muß.

3.2.3 Darstellung von Umgebungseinflüssen

Hierbei dienen Unterdruckkammer, Kälte- und Hitzekammer zur Simulation. Während des Starts, Fluges oder Landung auftretende Geräusche werden dabei durch Stereo-Lautsprecher nachgebildet.

Übersicht 2

Simulation in der Raumfahrttechnik=wirklichkeitsäquivalentes Nachahmen der tatsächlichen Verhältnisse im Verlaufe eines Raumfluges in der Gesamtheit der Wirkungen auf das System unter Anwendung verschiedener Simulationstechniken

1. Aufgabe

Simulation gesteuerter Bewegungsabläufe.

Das als Regelkreis zu behandelnde System Mensch-Maschine (6) wird für Raumfahrtbedingungen hinsichtlich Problemen der Belastung, Zuverlässigkeit, Reaktion usw. untersucht.

Dabei muß das Gesamtsystem außer unter den Bedingungen der Definition unter Einbeziehung des Menschen simuliert werden.

2. Aufgabe

Als Umwelt-Einflüsse kommen in Betracht: Beschleunigung, Temperatur, Wärmestrahlung, Wärmegleichgewicht, Emissionsvermögen, Druck, Vakuum, solare, kosmische und nukleare Strahlung, Meteoriten und kosmischer Staub. Die Untersuchungen sind notwendig, um Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Reaktion der Geräte und des Menschen zu erproben, zu beurteilen und die Charakteristiken vergleichen zu können.

Welchen Einflüssen unterliegt eine Personengruppe, die sich längere Zeit, von der Außenwelt hermetisch abgeriegelt, in einem engeren Raum aufhalten muß? Wie wirkt sich die räumliche Enge in einem Raumschiff auf seine Besatzung aus? Welche Temperaturverhältnisse sind unter kosmischen Bedingungen am günstigsten? Auf all diese Fragen müssen ebenfalls Antworten gefunden werden. Um die Art der Umgebungseinflüsse zu simulieren, wurde bekannt, daß die Sowjetunion 1967 drei Testpersonen für 70 Tage hermetisch von der Außenwelt abriegelte, um Verhalten, Lebensfunktionen und die Arbeitsfähigkeit der Personen zu studieren. In einem weiteren Experiment wurden 1968 wiederum 3 Testpersonen, diesmal aber 365 Tage lang, einem Test der sowjetischen Raumfahrtwissenschaftler unterzogen. Auch diese Versuche können zur Problematik der Simulation gezählt werden.

3.3 Simulationsbeispiele

3.3.1 Rendezvous und Docking

Die komplizierten Manöver des Rendezvous oder des Dockings können ebenfalls durch Simulation trainiert werden. Nach (7) sind zwei Verfahren bei Versuchen der NASA erprobt worden. Das eine Verfahren beruht darauf, daß der Astronaut mittels Steuerbewegungen ein im Nachbarraum befindliches Modell des Zielsatelliten bewegt. Dieser Vorgang der Modellbewegung wird über Großprojektion auf eine in seinem Sichtfeld befindliche Projektionswand projiziert, und er kann diesen „Einfädelvorgang“ selbst beobachten.

Beim zweiten Verfahren wurden Modelle in Originalgröße verwendet und in der Versuchshalle der NASA in Langley Field, Virg. aufgehängt. Bei diesem Versuch konnten Translations- und Rotationsbewegungen des Raumschiffes mittels Betätigung der Steuerorgane durch den Astronauten bewerkstelligt werden. Die Translationsbewegung wurde durch einen Laufkran und die Rotationsbewegung durch eine kardanische Aufhängung der Raumkapsel erzielt.

3.3.2 Schwerelosigkeit

Das bekannteste Verfahren zur Erreichung der Schwerelosigkeit ist das Erfliegen einer entsprechend gekrümmten Bahn mittels Flugzeug. Im Flugzeugrumpf können für eine

relativ kurze Zeit von 20–30 Sekunden Verhaltensweisen bei Schwerelosigkeit studiert werden. Darüber hinaus existieren aber bereits Trainingsgeräte, die das Gewicht des kardanisch an einem Spezialgürtel befestigten Astronauten aufnehmen. Mit dieser Versuchseinrichtung lassen sich Verhaltensweisen, wie sie bei Schwerelosigkeit auftreten, auf der Erde erproben (8).

Relativ einfach ist die Simulation von mondähnlichen Schwerebedingungen. Das Prinzip dieser Simulation der bis auf $\frac{1}{6}$ g herabgesetzten Beschleunigung besteht nach (7) darin, den Astronauten an Körper und Gliedmaßen an insgesamt 6 Punkten mittels sehr langer Seile, unter einem Winkel gegen die Vertikale aufzuhängen. Führt der Astronaut unter diesen Bedingungen Sprünge aus, erhält er einen Eindruck von den Bewegungsmöglichkeiten auf der Mondoberfläche. Auf ähnliche Art und Weise trainiert die NASA ihre Astronauten auf den Ausstieg aus der LEM-Mondlandeeinheit auf der Erde. Dabei hängt der Astronaut beim Ausstieg aus dem Landemodul an einem Seil, dessen anderes Ende an einem Gegengewicht befestigt ist und $\frac{5}{6}$ des Gewichtes des Astronauten aufnimmt.

3.3.3 Mondlandung

Da das Nachziel der Raumfahrt zunächst der Mond darstellt, kommt der Simulation der bemannten Mondlandung eine besondere Bedeutung zu. Die Untersuchung der Mondlandung wird in mehreren Simulationsphasen durchgeführt: Übersicht 3 nach (7) soll dies verdeutlichen.

Übersicht 3

Nr.	Modell	Maßstab	Oberflächenbreite in km	Höhenbereich der Simulation in km
1	Kugel	14,5 km/Zoll	voller Umlauf	322–11,3
2	Karte 1	3,2 km/Zoll	rd. 1500	11,3–3,4
3	Karte 2	0,2 km/Zoll	rd. 320	3,4–0,6
4	Karte 3	0,061 km/Zoll	rd. 26	0,6–0,046
5	Simulation der Transition und Landung 46–0 m mit Gerät am Kran			
6	Simulation mittels Schwebegerät			

Die Phasen 1–4 werden nach dem unter 3.2.1 genannten Verfahren trainiert. Bei den Phasen 5 und 6 kommen Bewegungseindrücke hinzu. Zur Durchführung der 5. Phase wurde eigens in Langley Field ein Gerüst von 130 m Länge und 82 m Höhe errichtet. Es ermöglicht die Kapselaufhängung an einem Laufkran, der gleichzeitig $\frac{5}{6}$ des Kapselgewichtes aufnimmt. Durch Brems- und Steuerdüsen lassen sich Bewegungen hervorrufen, die den tatsächlichen Bedingungen entsprechen. Die Simulationsbewegungen führt der Laufkran ebenfalls getreu den landetechnischen Bedingungen durch. Zum Einspeisen der Daten wird ein Computer verwendet.

Phase 6 – Schwebeflug – wird mit einem speziellen Schwebegerät simuliert. Es handelt sich hierbei um eine Ermittlung der optimalen Bahnform. Bei dieser Bahnform handelt es sich im Prinzip um die Landeübergangsbahn der VTOL-Technik (Vertical take-off and Landing- oder im deutschen Sprachgebrauch: Senkrechtstart), also eine Landeübergangsbahn mit einem sehr kurzen Stück vertikalen Absetzens.

4. Schlußbetrachtungen

Durch Simulation ist es also möglich, alle Variationen, denen ein Gerätesystem bei einem Raumflug ausgesetzt ist und ausgesetzt sein kann, zu erproben. Die Simulation kann schon im Entwicklungsstadium zur Untersuchung eines Systems unter später zu erwartenden Bedingungen benutzt werden. Der Vorteil liegt hierbei auf der ökonomischen Seite.

Durch Einsatz schneller Rechner ergeben sich immer bessere Simulationsmöglichkeiten. Werden die Ergebnisse der Simulationstechnik richtig ausgewertet, so kann auch volkswirtschaftlich im Bereich der Industrie ein Nutzen erreicht werden.

Literatur:

(1) R. Koxholt: „Die Simulation – ein Hilfsmittel der Unternehmensforschung“, R. Oldenburg Verlag, München und Wien, 1967. – (2) Moss: Operations research, 6 (1958). – (3) G. Klaus: „Kybernetik in philosophischer Sicht“, Dietz Verlag, Berlin, 1963. – (4) H. J. Keller: „Prüf- und Kontrollplanung für Raumfahrtprojekte“, Luftfahrttechnik/Raumfahrttechnik, 8 (1967). – (5) IBM-Nachrichten, 14 (1964), Nr. 164, Seite 2166. – (6) H.-K. Remane: „Psychologie und Weltraumfahrt“, Astronomie und Raumfahrt, 6 (1966). – (7) X. Hafer: „Simulationstechnik in Luft- und Raumfahrt“, Luftfahrttechnik/Raumfahrttechnik, 10 (1965). – (8) Letectvi + Kosmonautika, 21 (1967).

Festpulverraketen und Raumfahrt

WOLFGANG STRUBELL

Die ersten Raketen, von den Chinesen entwickelt, enthielten Festpulverreißsätze bestehend aus Salpeter, Schwefel und Holzkohle [1]. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts gab es nur diese eine Art. Erst Ziolkowski wies bei seinen umfassenden Arbeiten auf den Gebiete der Weltraumforschung und Raketentechnik auch auf die Verwendung flüssiger Treibstoffe für Raketen hin [2]. Es war vor allem ein handwerkliches Problem, das die Festpulverrakete im 19. Jahrhundert „unbeliebt“ machte. Die Geschütze waren erfunden, das Schießen mit diesen war genauer. Die Rakete hätte sich nur behaupten können, wenn es gelungen wäre, größere Kaliber bauen zu können. Und das war gerade die Schwierigkeit.

Man beherrschte nicht das gefahrlose „Schlagen“ großkalibriger Raketen. Entweder explodierten sie beim Füllen und zu starkem Pressen des Treibsatzes in der Hülse oder, wenn man vorsichtiger mit nicht zu großem Druck preßte, blieben im Treibstoff Haarrisse zurück, die dann beim Zünden der Rakete durch plötzliche Veränderung der brennenden Pulveroberfläche die Abbrandgeschwindigkeit so veränderten, daß sie ebenfalls explodierten.

Diesen Vorgängen hätte man nur dadurch begegnen können, daß man die Wände der Brennkammer verstärkte. Gewonnen hätte man aber damit nichts; denn damit wäre das Massenverhältnis eher schlechter geworden.

Die Grenzen der Technik auf diesem Gebiet waren damit zunächst erreicht. Ein Weiterkommen war erst möglich durch intensive Forschung. Die blieb jedoch bis auf weiteres aus. Man brauchte sie ja auch nicht; denn Ziolkowskis Arbeiten über Flüssigkeitsraketen waren bekannt geworden, in denen er außerdem nachwies, daß flüssige Treibstoffe energiereicher sind als das bis dahin verwendete Schwarzpulver.

Trotzdem arbeitete man auch auf dem Gebiete der Pulverraketen weiter, in Deutschland im geheimen auch an Feststofftriebwerken für die Rüstung.

Am Ende des Krieges erfuhr dann die Welt von der deutschen Kriegsraketen-Entwicklung Rheintochter und Rheinbote, beide auf Basis fester Treibstoffe mit einer Reichweite von 200 bis 250 km unter Anwendung des Stufenprinzips. Bereits während des zweiten Weltkrieges entwickelte Oberth die Feststoffrakete weiter. Es gelang ihm, einen Ammonitrat-Treibstoff (10 % Kaliumnitrat, 3 % Verflüssigungsmittel aus verdünntem Alkohol,

1 % gepulverter Holzkohle) herzustellen, der sich in die Brennkammer gießen ließ und dort ohne Rißbildung und ohne Pressen innerhalb kurzer Zeit zu einer festen Masse erstarrte.

Diese in Deutschland begonnenen Versuche wurden nach dem Kriege in den USA fortgesetzt und führten zur Entwicklung der in Huntsville gebauten Feststoffrakete RVA 10, die eine Länge von 7–8 m und einen Durchmesser von etwa 1 m hat und weiter über die zweistufige Polaris zur dreistufigen Feststoffrakete Minuteman, die eine Startmasse von etwa 30 t, eine Länge von 18 Metern und einen maximalen Durchmesser von 1,8 m besitzt. Die Startstufe erzeugt einen Schub von 77 Mp, die Zweitstufe 25 Mp und die dritte Stufe 16 Mp.

Durch Verwendung von Treibstoffen, die schon bei verhältnismäßig niedrigen Brennkammerdrücken abbrennen, ist es möglich geworden, die Brennkammerwände verhältnismäßig dünn zu halten, womit das Massenverhältnis günstig beeinflusst wird. Die Nachteile, die einer bisherigen Verwendung von Feststoffraketen für einen Einsatz in der Astronautik im Wege standen, wurden dadurch schon wesentlich abgebaut.

Durch Vermischung von Kunststoffen mit festen Oxydationsmitteln gelang es auch bei niedrigen Drücken, eine beständige Verbrennung und damit eine gleichmäßige Schubentwicklung zu erreichen und den Heizwert des Festtreibstoffes ständig zu verbessern. Auch der Einfluß der Temperatur auf die Zündung und die Abbrandgeschwindigkeit werden weitgehend beherrscht und damit auch wiederum der zu entwickelnde Schub. Selbst eine Regulierung von Feststoffraketenantrieben wurde bis zu einem bestimmten Grade möglich durch Einbau schubverstärkender oder -verringender Zusätze zum Treibstoff.

Feststoffraketenantriebe bieten daher gegenüber Raketen mit flüssigem Treibstoff manche Vorteile, wie z. B. einfache Bauart und damit größere Betriebssicherheit. Sie können im betriebsfertigen Zustand gelagert und transportiert werden und sind ständig einsatzbereit.

Die folgende Tabelle gibt einen vergleichenden Überblick über die Kostenentwicklung von Festpulver- und Flüssigraketen nach Zaehring [3]:

Tabelle:

Parameter	Festpulverrakete		Flüssigkeitsrakete	
	gegenwärtig	in Zukunft	gegenwärtig	in Zukunft
Spezifischer Impuls sec.	200–240	240–350	220–260	300–350
Brennkammerdruck at	80	120	25	50
Treibstoffdichte g/cm ³	1,5–1,8	1,8–2,0	1,0–1,2	1,0–1,2
Treibstoffkosten \$/kg	0,5–2	0,4–1,6	0,06–0,2	0,2–1,6
Zuverlässigkeit %	98–99	99,999	80–90	90–95
Relative Entwicklungskosten	1	2–5	5	5–10
Relative Produktionskosten	1	1–2	1	1–2

Die Tabelle zeigt, daß es durchaus lohnend ist, sich mit der Weiterentwicklung von Feststoffraketen für die Verwendung in der Raumfahrt zu befassen. Bisher wurden diese jedoch meist als Boosters oder als Oberstufen von Raumraketen eingesetzt.

In den USA beschäftigt man sich zur Zeit ernstlich mit der Planung und dem Bau von Feststoffraketen für die Raumfahrt. Ein wesentlicher Grund dafür dürfte vor allem die einfachere Lagerung des Treibstoffes für längere Zeiten auf anderen Himmelskörpern unter extrem niedrigen Temperaturen und sehr niedrigen Drücken sein. Flüssige Treibstoffe könnten unter diesen Bedingungen nur mit Schwierigkeiten gelagert werden.

Literatur:

1. W. Strubell: NTM Schriftenreihe 2 (5), 84 (1965). – 2. M. S. Arlasorow: Das Leben K. E. Ziolkowski's Moskau 1952 russ. – 3. A. Zaehring in Handbuch der Astronautik, Konstanz 1964 Seite 76.

Ganswindt, der „Edison von Schöneberg“

HORST HOFFMANN

Es ist kaum noch feststellbar, von wem Ganswindt den Beinamen „Edison von Schöneberg“ erhielt. Seine Freunde meinten, Mark Twain, der 1892 in Berlin weilte und die verschwenderische Straßenbeleuchtung, die sauberen Plätze und die Erfindungen Ganswindts bewunderte, habe ihm diesen ehrenvollen Namen verliehen. Gegner des Erfinders jedoch behaupteten, er habe sich selbst den Beinamen zugelegt.

Ein seltsamer Kauz war dieser Ganswindt, der so manche interessante Erfindung machte, aber auch viel Staub aufwirbelte. Auf seinen Reklameschriften charakterisierte er sich selbst: „Fabrikbesitzer, Schöneberg bei Berlin, studierte an den Universitäten Berlin, Leipzig und Zürich. Der Schule bester Mathematiker, Physiker, Sänger und Turner, wurde beim 2. Garderegiment zu Fuß als tüchtiger Soldat belobigt und von seinen Kameraden zum Vorsitzenden gewählt, aber wegen seiner epochemachenden Erfindungen von allen möglichen Lumpen beschimpft.“

Am 27. Mai 1891 hielt Hermann Ganswindt im großen Saal der Berliner Philharmonie einen Vortrag, mit dem er sein „Weltenfahrzeug“ kreierte. Er war zu dem Schluß gekommen, daß man ein Fahrzeug schwebend halten konnte, wenn man Gegenwinde nach unten schleuderte. Merkwürdigerweise hatte ihn der Vogelflug zu dieser richtigen Erkenntnis gebracht: „Der Vogel hält sich nur dadurch fliegend, daß er unausgesetzt Luftmassen mit den Flügeln erfaßt und sie aus der Ruhe senkrecht nach unten abstößt, um dann neue, noch ruhende Luftmassen zu erfassen.“ Am „Haut den Lukas“, einem Gerät zur Messung der Kraft eines Faustschlages, machte Ganswindt seine Überlegungen deutlich: „Ich versuchte, mit meiner Faust, die doch mit dem Ende des Unterarmes zusammen vielleicht ein Pfund wiegt, durch einen Schlag 80 Kilo, also mehr als mein Körpergewicht, zu heben. Der Körper hebt sich in dem Moment nach oben, wenn ein Gegenstand vom Gewicht der Faust sich aus der Ruhe senkrecht nach unten abstößt...“

„Bei Anwendung von Dynamit zum Fortschleudern des Körpers genügt natürlich schon ein geringer Bruchteil des Gewichtes der Faust, um den Rückschlag ebenso kräftig oder noch viel kräftiger hebend, wirken zu lassen.“

Auf die Zwischenfrage, wo die Luft herkommt, die den Vögeln das Fliegen ermöglicht, antwortete Ganswindt: „Man nimmt sich die Luftmassen in Gestalt von Explosionsstoffen, die zugleich die höchste Kraft in sich bergen, einfach mit. Das heißt, man konstruiert einen Flugapparat auf Grund der Reaktionsgesetze explodierender Stoffe...“

„Genaue Berechnungen ergaben, daß ein solcher Apparat mit Explosionsstoffen nur dann sparsam hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs betrieben werden kann, wenn er eine ganz außerordentlich große Fahrtgeschwindigkeit annimmt, so daß er sich für den Verkehr hier auf der Erde wenig eignen würde, weil der Widerstand der Luft einer so enormen Fahrtgeschwindigkeit zu hindernd entgegensteht. Anders verhielte es sich aber im luftleeren Weltraum, wo selbst der Geschwindigkeit eines Meteoriten oder gar eines Kometen nichts entgegensteht. Und eine solche Geschwindigkeit ist es ja eben, die wir für eine Expedition durch das Weltall brauchen, denn bei der großen Entfernung der Weltkörper voneinander würde ein Schneckengang nicht zum Ziele führen.“

Auf Zwischenrufe: „Wie soll das Schiff die gewaltigen Entfernungen überwinden?“ und „Wie soll der Mensch den luftleeren Raum durchqueren?“ antwortete er: „Ganz ebenso wie wir unausgesetzt jährlich 125 Millionen Meilen durch den luftleeren Weltraum um

die Sonne zurücklegen, ohne es auch nur – mit Ausnahme der Jahreszeiten – zu merken, indem wir nämlich die nötige Luft und alles, was wir brauchen, mit unserer Mutter Erde mitnehmen; denn dieselbe bewegt sich mit uns unausgesetzt mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen pro Sekunde durch den Weltraum. Für eine Expedition in einem kleinen Fahrzeug muß natürlich ebenso Luft, Wärme, Nahrungsmittel und alles Notwendige mitgenommen werden, wie wir es hier auf der Erde haben, so daß wir während der Fahrt ebenfalls gar nichts von derselben merken, wenn wir nicht zum Fenster hinausschauen.“

Über die Flugdauer interplanetarer Reisen sagte Ganswindt: „Da die Fahrtgeschwindigkeit dadurch erzielt wird, daß vom schon bewegten Fahrzeug immer neue Explosionsmassen weggesprengt werden und vorn ein Hindernis im luftleeren Raum nicht existiert, die Maschine vielmehr um so sparsamer arbeitet, je schneller man fährt, läßt sich sogar die Fahrtgeschwindigkeit nach Verlassen der atmosphärischen Luft so sehr steigern, daß man den Mars oder die Venus in ca. 22 Stunden erreichen könnte, wenn man mit einer doppelten Beschleunigung, wie diejenige der fallenden Körper ist, losfahren und von der Mitte des Weges an in demselben Maße bremsen würde.“

Diese Gedanken Ganswindts waren im Prinzip richtig. Aber wie groß der Antriebsbedarf eines solchen Raumschiffes war, wie es konstruiert werden mußte und welchen Treibstoff man benutzen konnte – von diesen Problemen hatte Ganswindt keine Ahnung: „Das Fahrzeug besteht in seinem Hauptteil aus einem Stahlzylinder von möglichst kleinem Durchmesser, aber so, daß es etwa zwei Reisende und die nötigen Vorräte noch aufnehmen kann. Dieser Hauptzylinder ist umgeben von schlankeren Stahlrohren von der Länge des Hauptzylinders, welche unter sehr hohem Druck den nötigen Luftvorrat für die Expedition enthalten. Über dem Zylinder ist der Explosionsraum angebracht, der mit den beiden seitlichen Patronengehäusen fest verbunden ist... Ich betone nochmals, daß diese Ausführungen nicht etwa Phantasiegebilde à la Jules Verne sein sollen, sondern ein wirkliches Projekt bedeuten, welches ich in meinem Leben noch zu verwirklichen hoffe.“

Die Zeitgenossen lachten über die Ideen Ganswindts oder zuckten über den Sonderling die Schultern, denn im „Großen Brockhaus“ jener Tage war unter „Rakete“ zu lesen: „Raketen und Feuerwerkskörper, welche nicht bloß auf dem Gebiet der Luftfeuerwerke eine Rolle spielen, sondern auch für andere Zwecke, insbesondere als Kriegsmittel Bedeutung haben und als solche zeitweise für hervorragend galten. Zum Ernstgebrauch dienen die den Raketen der Luftfeuerwerkerei ziemlich ähnlichen Signalaraketen und besonders die Kriegsraketen, welche Träger eines Geschosses sind und damit eine geschützähnliche Wirkung auszuüben vermögen.“

Ganswindt läßt sich bereits 1883 unter DRP-Nr. 29 014 ein lenkbares Groß-Luftschiff patentieren. Sechzehn Jahre später wird seine Idee Wirklichkeit. Am 2. Juli 1900 macht der Zeppelin seine Jungfernfahrt. Ganswindt kämpft verzweifelt um seine Anerkennung, ja, er entwickelt sogar einen Hubschrauber, der für wenige Sekunden durch eigene Flügelkraft fliegt. Aber sein Weg führt über Bankrott, Verhaftung und Verurteilung steil ab. Der erste Weltkrieg und die Inflation nehmen ihm die Reste seines Vermögens. Trotz seiner 24 Kinder lebte er in Schöneberg von Unterstützung und Wohlfahrt. Verarmt, vergessen und verbittert starb er 78jährig am 24. Oktober 1934.

Während die Pioniere der Luftfahrt ihre ersten Flugkörper bauen, läßt Ganswindt seiner Phantasie freien Lauf: „Erst kommt der Flug innerhalb unserer Lufthülle! Mit meinem Fluggestell wird es gelingen. Dann kommt der Vorstoß ins All! Die Rückstoßkraft wird das Weltraumfahrzeug vorwärtstreiben. und es wird Vorratsstationen im All geben, von Menschen geschaffene Vorratsstationen, von denen aus er weiter vordringen kann zu den fernen Planeten. Ich glaube, daß die Ringe des Saturn solche Vorratsstationen sind. Vorratsstationen mit durch Jahrtausende angesammelten Abfällen von Weltraumfahrzeugen, die von eben diesem Saturn aus gestartet sind! Denn warum sollen auf dem

Saturn nicht intelligente Wesen leben, die uns um Jahrtausende voraus sind? Nach vielen Jahrhunderten Raumfahrt wird es vielleicht auch um die Erde solche Saturnringe geben."

Der rohe, aber ernstgemeinte Entwurf seines Weltenfahrzeuges ist im Prinzip richtig. Aber er enthielt auch einen grundlegenden Trugschluß. Ganswindt will nicht begreifen, daß die der Brennkammer entströmenden Gase die Rakete antreiben können. Er beharrt auf etwas Solidem, nämlich Hohlkapseln. Weder Beispiele noch Tatsachen können ihn davon abbringen. Noch in den dreißiger Jahren, als längst Flüssigkeitsraketen flogen, versucht er Hermann Oberth klarzumachen, daß Gase für den Rückstoß nicht ausreichen.

Die Tragik des Lebens von Hermann Ganswindt war neben dem Unverständnis der Zeitgenossen sein eigenes Unvermögen, den Schritt von der Idee zur exakten wissenschaftlichen Untersuchung und zum technisch fundierten Experiment zu machen.

Aus der Literatur

Lagestabilisierung von Satelliten durch Schwungrad

Raumflugkörper können ihre Aufgabe in den meisten Fällen nur dann erfüllen, wenn ihre Lage in Bezug auf einen bestimmten Himmelskörper, z. B. bezüglich der Erde oder der Sonne, stabilisiert ist. Zum Ausgleich von Störmomenten (Magnetfelder, Schwerfelder, Restatmosphäre, Lichtdruck der Sonne), die zudem während eines Umlaufs des Satelliten noch ihr Vorzeichen zyklisch ändern können, erweist sich die Anwendung eines Schwungrades als besonders geeignet, da es nur geringer elektrischer Energie bedarf.

Satelliten, bei denen Antennen oder Sensoren dauernd auf den umkreisten Himmelskörper ausgerichtet bleiben sollen, wie z. B. bei den Satelliten „Symphonie“ oder „Intelsat IV“, können mit nur einem Schwungrad stabilisiert werden.

Die dauernde Rotation des Rades bewirkt trotz stillstehendem Satelliten eine Drallstabilisierung um die beiden Querachsen. Die Lage um die Symmetrieachse des Rades regelt man aktiv. Dabei wird das von einem Lage-meßgeber kommende Signal benutzt, um das Schwungrad je nach Vorzeichen des Signals zu bremsen oder zu beschleunigen. Das dazu benötigte Drehmoment dreht den Satelliten in die Sollage zurück. D. STACHOWSKI

Nach: „Funkschau“ Nr. 23/1968.

Goonhilly II eröffnet

Die jüngste von Marconi gebaute und derzeit größte Erdfunkstelle für Satellitenverbindungen wurde am 22. Januar 1969 in Großbritannien in Betrieb genommen.

Goonhilly II arbeitet vorläufig über Intelsat III über den Atlantik, soll aber später auch für Verbindungen über den Indischen Ozean eingesetzt werden. Die Parabolantenne mit 30 m Durchmesser ist aus diesem Grunde im Azimut um 210 Grad schwenkbar. Sie ist in Cassegrainanordnung aufgebaut mit einem Hilfsreflektor von 2,10 m Durchmesser. Die ganze Anlage hat eine Masse von fast 1000 Tonnen.

Die Senderendstufe, die im Satellitenfrequenzbereich von 5,252 bis 6,425 GHz arbeitet, ist mit Wanderfeldröhren bestückt, die eine Sättigungsleistung von 10 KW aufbringen, die normale Betriebsleistung beträgt 1 KW. Das Kühlsystem für die parametrischen Verstärker der Empfangsanlage arbeitet bei einer Kühltemperatur von -257 °C über 3000 Betriebsstunden völlig wartungsfrei. Die Verstärker sind mit modernsten Bauelementen, wie Gallium-Arsenit-Varaktordioden und Esakidioden bestückt.

Eine Besonderheit stellt noch die extreme Forderung der britischen Post nach 99,9 % Betriebsbereitschaft dar. Das bedeutet, daß im Jahr maximal 9 Ausfall- bzw. Servicestunden zulässig sind. Die Kosten belaufen sich auf 14 Millionen DM. D. STACHOWSKI

Großauftrag für zwei Erdfunkstellen

Marconi hat von der Cable u. Wireless Ltd. einen Auftrag im Werte von 20 Millionen DM für die Errichtung von zwei Erdfunkstellen erhalten, die in Hongkong und auf den Bahreininseln gebaut werden und Nachrichtenverbindungen über die Synchronsatelliten Intelsat II und Intelsat III ermöglichen sollen.

Beide Bodenstationen erhalten Parabolantennen von 27 m Durchmesser, mit denen fast die Hälfte des bewohnten Gebietes der Erde erreichbar sein wird. Die beiden Stationen können sowohl mit synchronen, als auch mit asynchronen Satelliten arbeiten.

Eine technische Besonderheit ist die mechanische Konstruktion der Bodenstation in Hongkong, die Windgeschwindigkeiten bis zu 350 km/h standhalten muß.

D. STACHOWSKI

Aufbereitung von Satellitendaten

Forschungssatelliten geben die erfaßten und gesammelten Meßwerte gewöhnlich zu bestimmten Zeiten an die Bodenstationen weiter. Dazu werden alle Telemetriedaten an Bord des Satelliten binär codiert und anschließend in geschlossener Folge seriell übertragen.

Für die Bodenstationen des westdeutschen Forschungssatelliten Azur hat Siemens einen elektronischen Meßplatz zum Aufbereiten der Telemetriedaten entwickelt. Diese Meßeinrichtung ist mit einem Prüfsimulator sowie mit einem sogenannten Bit- und Rahmensynchronisierer ausgerüstet, der die empfangenen pulscodemodulierten Telemetriesignale aufbereitet, so daß sie einem Prozessor zur Weiterverarbeitung eingegeben werden können. Die Puls-Code-Übertragung ist weitgehend störungsfrei und eignet sich ohne aufwendige Umwandlung unmittelbar zum Auswerten in einem Digitalrechner.

In der Bodenstation erhält man am Demodulatorausgang der Empfangseinrichtung ein formverzerrtes und in den meisten Fällen stark verrauschtes Puls-Code-Signal (PMC-Signal). Dieses Signal gelangt in den Bit-Synchronisator, der die Aufgabe hat, daraus das unverzerrte, ursprüngliche Signal und den dazugehörigen synchronen Takt zurückzugewinnen. Die vom Satelliten gesendeten Daten sind in einem sogenannten Datenrahmen zusammengefaßt. Bei Azur hat ein solcher Datenrahmen beispielsweise die konstante Länge von 960 bit. Die Datenrahmen werden seriell ohne zeitlichen Zwischenraum ausgesendet. Der Anfang wird durch ein Synchronisationswort gekennzeichnet. Im Rahmensynchronisierer wird das wiedergewonnene Codeformat synchronisiert. Dazu wird aus der Signalfolge das Rahmensynchronisationswort herausgesucht und fortlaufend die Periodizität geprüft. In der Synchronphase wird der Datenrahmen nun wieder aufgelöst und in fiktive Worte geeigneter Länge zerlegt, die gleich der Wortlänge des nachgeschalteten Prozessors ist, beispielsweise 24 bit beim Siemens - 300 - System. Um ein einwandfreies Wechselspiel zwischen Rechner und Rahmensynchronisator zu erreichen, wird als Zwischenspeicher ein Ausgabepufferregister zur Aufnahme des fiktiven Wortes eingefügt.

D. STACHOWSKI

Zur Masse des Planeten Pluto

Der Pluto wurde vor 39 Jahren aus Störungen in der Uranusbahn rechnerisch entdeckt. Diese theoretischen Rechnungen sagten für den Pluto eine Masse von 6,6 Erdmassen voraus. Als man den Planeten dann tatsächlich fand, war er sehr schwach und klein. Zusammen mit der theoretischen Vorausberechnung hieß das: entweder die vorausberechnete Masse von 6,6 Erdmassen ist falsch oder die Dichte des Pluto ist sehr hoch, wodurch der Planet so klein erscheint.

Eine Prüfung dieser Überlegungen ist durch Beobachtungen der Störungen der Neptunbahn durch den Pluto möglich. Die Beobachtungen des Neptun aus den Jahren 1846 bis 1938 wurden daraufhin durchgesehen und es ergab sich eine Plutomasse zwischen 0,91 und 0,12 Erdmassen. Neuere Neptunbeobachtungen aus den Jahren 1960 bis 1968 führten zu folgendem Ergebnis:

Mit einer Plutomasse von 0,91 Erdmassen liegt der beobachtete Ort 3 Bogensekunden hinter dem theoretisch vorhergesagten.

Mit einer Plutomasse von 0,35 Erdmassen liegt die Beobachtung 0,5 Bogensekunden hinter der Berechnung.

Mit einer Plutomasse von 0,12 Erdmassen liegt die Beobachtung 0,5 Bogensekunden vor der Berechnung.

Damit ergibt sich eine wahrscheinliche Masse des äußersten Planeten unseres Sonnensystems zu 0,18 Erdmassen. Aus Sternbedeckungen hat man einen Plutodurchmesser von etwa 7000 km bestimmt. Damit ergibt sich eine Dichte von $1,4 \text{ g cm}^{-3}$.

Pluto scheint somit ein Planet von Marsgröße, aber von der doppelten Dichte des Mars zu sein.

Sm.

H. D. Heinrich 423
Charlottenstr. 15
Astronomie und Raumfahrt

*Dr.
23.2.72*



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
	97
Auf Datenempfang am Himmel. Aus der Arbeit und von den Aufgaben des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg · Prof. Dr. Nikolaus Richter	98
Die Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha · Helmut Busch	105
Die Erforschung der veränderlichen Sterne · Dr. Wolfgang Wenzel	110
Bildseiten	113–116
Astronomieunterricht und Amateurastronomie · Dr. Klaus Lindner	118
Probleme des Liebhaberastronomen · Dr. Paul Ahnert	122
Erfahrungen aus der Fachgruppenarbeit · Ing. Hans-Joachim Blasberg	127
Die Entwicklung der Deutschen Astronautischen Gesellschaft · Herbert Pfaffe	131
Perspektivplan des Zentralen Fachausschusses Astronomie	3. Umschlagseite

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur); Prof. Dr. Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; MR Dr. Karl Sigmund; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1969 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Zum 20. Jahrestag der DDR

Hf. In den Beiträgen dieses Heftes zum 20. Jahrestag der Deutschen Demokratischen Republik werden zwei miteinander verbundene Entwicklungen deutlich, die kennzeichnend sind sowohl für die Bedeutung, die der astronomischen Forschung in der DDR zugemessen wird, als auch für die Einbeziehung ihrer Arbeitsmethoden und Forschungsergebnisse in das geistig-kulturelle Leben der astronomisch interessierten Bürger:

1. der mit hohen staatlichen Investitionen weitsichtig durchgeführte Ausbau großer astronomischer Forschungseinrichtungen internationalen Ansehens (z. B. Tautenburg, Sonneberg, Babelsberg), sowie die Jahr für Jahr sich fortsetzende Gründung neuer Volks- und Schulsternwarten,
2. die planmäßig geförderte Aneignung grundlegender astronomisch-astronautischer Kenntnisse durch den obligatorischen Astronomie-Unterricht in den Schulen, durch die Bildungsarbeit und wissenschaftliche Beobachtungstätigkeit in den Fachgruppen und Arbeitsgemeinschaften des Deutschen Kulturbundes und der Deutschen Astronautischen Gesellschaft, sowie durch die Vortragstätigkeit der Urania.

Auch für diese Bereiche gibt der Stand des wissenschaftlich-gesellschaftlichen Fortschritts in der DDR berechtigten Anlaß, unsere Republik – und damit uns selbst – zum 20. Jahrestag ihrer Gründung zu beglückwünschen, zu jenem Festtag, an dem ihre wahrhaft geschichtliche Mission unübersehbar deutlich geworden ist. In imponierender Geschlossenheit aller wirtschafts-, wissenschafts- und kulturpolitischen Arbeitsgebiete strebt unser Staat jetzt der Vollendung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus zu.

Der offene Himmel der Erde gab dem Menschen einst die Möglichkeit, durch die zu beobachtenden Bewegungen der Gestirne ein erstes gedankliches Abbild von den Bewegungsgesetzen in der Natur und den Dimensionen des Raumes und der Zeit zu gewinnen. Als aber die älteste Wissenschaft, die Astronomie, Himmel und Erde der Wirklichkeit entsprechend zur Einheit des Kosmos vereinigte, war das bereits nicht mehr allein das Ergebnis der astronomischen Himmelsbeobachtung, sondern ebenso das Ergebnis des harten weltanschaulich-ideologischen Ringens um die Gewinnung eines wissenschaftlichen Weltbildes von der materiellen Einheit der Welt und ihrer Erkennbarkeit. Und die Wissenschaft des Marxismus-Leninismus lehrt uns heute, auch die Bewegungsgesetze der gesellschaftlichen Entwicklung zu erkennen, ihr den Boden zu bereiten und die Einsicht zu gewinnen, daß diese Gesetzmäßigkeiten überall – wohin der Mensch seinen Fuß auch setze – wirksam sind.

Besonders die 10. Tagung des Zentralkomitees der SED hat bei der Behandlung des Themas „Grundfragen des geistigen Lebens im Sozialismus“ deutlich werden lassen, daß eine offensive weltanschaulich-ideologische Arbeit unabdingbarer Bestandteil der kontinuierlichen Stärkung der DDR ist, eine Erkenntnis und Forderung, wie sie auch in den Grundaufgaben der Herausgeber dieser Zeitschrift zum Ausdruck kommt. Ohne die für unsere Leser bisher angestrebte wissensbereichernde und anleitende Redaktionstätigkeit einzuschränken, werden wir bemüht sein, im dritten Jahrzehnt unserer Republik den grundsätzlichen wie den durch die neuen astronomischen Forschungsergebnisse aufgeworfenen philosophisch-weltanschaulichen Fragen erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, um damit den für unseren Staat so wichtigen Prozeß der Herausbildung sozialistischer Persönlichkeiten auch im Bereich der astronomisch-astronautisch tätigen und interessierten Bürger wirksam zu unterstützen.

Auf Datenempfang am Himmel

Aus der Arbeit und von den Aufgaben
des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg

Prof. Dr. NIKOLAUS RICHTER

Direktor des Karl-Schwarzschild-Observatorium, Tautenburg

Das Karl-Schwarzschild-Observatorium ist eine Einrichtung des neu gegründeten Zentralinstitutes für Astrophysik (Direktor: Prof. Dr. H. J. Treder) der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Dieses Zentralinstitut umfaßt alle astronomischen Institute der DDR. In diesem Verband kommt dem Karl-Schwarzschild-Observatorium insofern eine besondere Rolle zu, weil es dank seiner modernen und universellen instrumentellen Ausstattung jenes astronomische Beobachtungszentrum ist, das die anderen Institute mit entsprechendem Datenmaterial versorgen soll.

Man erhofft – mit Recht –, daß diese Kooperation und Konzentration in der Zukunft zu einer erheblichen Steigerung der wissenschaftlichen Effektivität auf denjenigen Gebieten der Astrophysik führen wird, die man als Forschungsschwerpunkte ausgewählt hat. Ehe wir darauf etwas genauer eingehen, sei ein kurzer Blick in die Vergangenheit geworfen.

Bei einem Observatorium, das noch nicht einmal 10 Jahre alt ist, (seine Einweihung fand 1960 statt), von einer Vergangenheit zu sprechen, erscheint zunächst etwas seltsam. Die Sache bekommt jedoch einen anderen Aspekt, wenn man bedenkt, daß die Geburtsstunde zur detaillierten Idee des 2-Meter-Universal-Spiegelteleskopes, dem Kernstück des Tautenburger Observatoriums, genau in das Gründungsjahr unserer Deutschen Demokratischen Republik fällt.

In den „Miscellanea Academica Berolinensia“ vom Jahre 1950 kann man nachlesen, daß von dem damaligen Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, Akademiemitglied Prof. Kienle, am 11. April 1949, also vor 20 Jahren, an die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin eine Denkschrift eingereicht wurde. Sie schlug den Bau eines Riesenteleskopes von 2-Meter-Spiegeldurchmesser und die Schaffung eines Zentralinstitutes für kosmische Physik vor.

Es zeugt von der vorbildlichen perspektivischen Denkungsweise und der raschen Entschluß- und Handlungskraft der zu jener Zeit zuständigen Verantwortlichen, daß das Projekt bereits 2½ Monate danach als fester Auftrag von über 10 Millionen Mark Wertumfang an den VEB Carl Zeiss nach Jena erteilt wurde.

Für das Werk bedeutete das eine ganz große, ungewöhnliche und nicht risikofreie Aufgabe, zu deren Übernahme Mut und Optimismus sowie großes Vertrauen in das Können aller daran beteiligten Angehörigen des Betriebes gehörte.

Heute dürfen wir bestätigen, daß diese Aufgabe termingerecht und glänzend gelöst wurde.

Die instrumentelle Ausrüstung

Das 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop mit seinen astrophysikalischen Zusatz-Einrichtungen dient 20 Jahre nach seiner Konzeption nunmehr als ein modernes Riesenteleskop, das in der Universalität seines Datenflusses von keinem anderen

Teleskop auf der Welt übertroffen wird. Die folgenden Betrachtungen sollen zeigen, daß diese Behauptung keine Übertreibung ist.

Die Universalität besteht zunächst darin, daß unter der 20-Meter-Kuppel im Tautenburger Wald ein einziges Teleskop steht, das drei verschiedene Fernrohrsysteme mit drei verschiedenen Brennweiten und Öffnungsverhältnissen wahlweise in sich vereinigt.

- a) Ein Schmidteleskop von 4 Meter Brennweite mit einer Schmidtplatte von 132 cm Durchmesser (die größte der Welt), ferner dem sphärischen Hauptspiegel von 2 m Durchmesser und einem Öffnungsverhältnis der Kamera von 1:3.2 (effektiv).
- b) Ein Cassegrain-Nasmytteleskop von 21 Meter Brennweite und dem gleichen Hauptspiegel von 2 Meter Durchmesser.
- c) Ein Teleskop vom Coudé-Typus von 92 Meter Brennweite mit demselben Hauptspiegel von 2 m Durchmesser.

Sämtliche Systeme können wahlweise gegeneinander durch das geschulte technische Personal des Observatoriums in einem Justierakt von wenigen Stunden und jederzeit reproduzierbar ausgetauscht werden. Die optische Prüfung der drei Varianten hinsichtlich Bildkonzentration ergab ein vorzügliches Resultat. Die an die Zeiss-Optiker gestellten Anforderungen wurden nicht nur erfüllt, sondern an erreichter Güte teilweise noch übertroffen [1].

Die Universalität wird noch bedeutend durch die Zusatzgeräte verstärkt, die für das große Fernrohr geschaffen wurden.

Sie haben es ermöglicht, daß es in drei experimentellen Forschungszweigen am Karl-Schwarzschild-Observatorium angewandt werden kann.

Diese umfassen:

1. die photographische Photometrie (Integral- und Isophotometrie) in den internationalen Standard-Farbbereichen (U, B, V, R, I) vom Ultraviolett bis zum Infrarot mit Hilfe der großen Schmidtkamera;
2. die elektronische Photometrie an der Cassegrain (Nasmyt) – Komponente des Teleskopes;
3. die Spektrographie im Cassegrain- und Coudésystem mit sechs verschiedenen Dispersionen von 75 Å/mm bis 2 Å/mm.

Die instrumentellen Möglichkeiten 1. und 3. sind bereits in Betrieb, zum größten Teil endgültig erprobt und an großen Forschungsvorhaben mit Erfolg eingesetzt und bewährt.

Drei weitere Zusatzeinrichtungen von großer Bedeutung sind im Bau und soweit fortgeschritten, daß man sie in einer instrumentellen Leistungsbilanz bereits als sichere Positionen mit anführen darf. Dies ist zunächst ein Universal-Astro-Gitterspektrograph, der noch im Laufe dieses Jahres an das Fernrohr im zweiten Cassegrainfokus angebaut wird, mittlere Dispersionen um 200 Å/mm liefern und den Einsatz von Bildwandlern ermöglichen wird.

Ferner ein Fabry-Perot-Astrospektrometer im Coudé-Fokus, das feinste Strukturuntersuchungen an Spektrallinien heller Sterne ermöglicht.

Und schließlich ein Objektivprisma zur Schmidtkamera, das – erstmalig überhaupt – als zusätzliche prismatisch deformierte Schmidtplatte Spektraldurchmusterungen schwächster Objekte bis zur 18.5 Größenklasse ermöglichen soll.

Die ersten beiden Zusatzgeräte entsprechen der Anwendung normaler Instrumentalentwicklungen der Astroabteilung von VEB Carl Zeiss. Die dritte Zusatz-

einrichtung ist eine für das Werk neuartige technische Aufgabe, deren gute Lösung nach den bisherigen ausgezeichneten technischen Erfolgen der Astro-Optiker von Zeiss mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

Dieses mächtige und reichhaltige Arsenal an astrophysikalischen Datenempfangseinrichtungen steht den Astronomen unserer DDR nunmehr zur Verfügung bzw. wird in wenigen Jahren restlos komplettiert sein. Ein zwar relativ kleiner, aber konzentriert geschulter, experimentell (beobachterisch) arbeitender Stab von Spezialisten steht im Tautenburger Forst sozusagen auf Vorposten am Himmel, um mit dem großen Fernrohr diejenigen Daten zu gewinnen, die angefordert werden.

Diese Anforderungen können nicht wahllos sein. Sie müssen aus den Forschungsschwerpunkten hervorgehen, die wir eingangs genauer zu definieren versprochen.

Forschungsschwerpunkte – Die physikalische Auslotung des Kosmos

Bereits in der erwähnten Denkschrift in den „Miscellanea Academica Berolinensia“ wurden vom Autor solche Schwerpunkte wie folgt beschrieben:

„Die weitere Aufklärung der Struktur des Milchstraßensystemes, die Erforschung der Welt der außergalaktischen Objekte und die Ergründung dessen, was in den interstellaren und intergalaktischen Räumen sich abspielt, erfordert statistische Untersuchungen in möglichst großen Feldern auf spektralphotometrischer Grundlage.

Monochromatische – oder doch quasimonochromatische – Helligkeiten über einen breiten Bereich des Spektrums vom äußersten Ultraviolett bis ins extreme Infrarot, sowie spektrale Charakteristika der verschiedensten Art für schwache und schwächste Objekte sind die wesentlichsten Desiderata. Daher das große Interesse, das heute überall dem „Schmidt-Spiegel“ und seinen mannigfaltigen Abwandlungen entgegengebracht wird, d. h. Teleskopen, die bei größter Lichtstärke möglichst große Felder aufzunehmen gestatten.

Neben dem Studium der Welt in ihrer gesamten statistischen Erfassung repräsentativer Auswahlen steht die Untersuchung von Einzelobjekten als Vertreter bestimmter Typen kosmischer Objekte, um Aufschluß zu bekommen über Zustände und Zustandsänderungen der Materie und der Energie unter kosmischen Verhältnissen.“

Vor 20 Jahren also wurden die Probleme der modernen Astrophysik prognostisch schon so aufgezeichnet, wie wir sie heute mit wesentlich klarerer, aber im Grund unveränderter Definition vor uns sehen.

Die Schmidtspiegel haben in der Tat eine neue Epoche der empirischen astrophysikalischen Forschung eingeleitet, die man als die moderne statistische Astrophysik bezeichnen kann. Allerdings muß man mit dem Wort modern vorsichtig sein. Es erinnert zu sehr an den Begriff der Mode und damit an den einer geschmacklichen Willkür, die sich zu entscheiden anmaßt, was als wichtig erklärt werden soll und was nicht. In der echten Wissenschaft darf es so etwas nicht geben.

Unter „modern“ verstehen wir: dem heutigen Stand der wissenschaftlichen Grundlagenforschung und Erkenntnis angemessen und den optimalen technischen Möglichkeiten des Datenempfanges und der Datenverarbeitung angepaßt.

So wäre es z. B. verfehlt, das große Fernrohr an Probleme anzusetzen, die man auch mit kleineren Teleskopen lösen kann. Solche Wünsche sind in der Tat bereits vorgetragen worden unter dem Hinweis, daß man mit einer 5-Minutenaufnahme der großen Tautenburger Schmidtkamera mit Leichtigkeit eine Himmelsaufnahme erhalten könne, für die man sonst mit einer Schmidtkamera von 50 cm Öffnung

1 Stunde oder mehr belichten müsse, um die gleiche Informationsausbeute zu gewinnen. Dieser beobachtungsökonomische, oder richtiger gesehen, beobachtungsbequemliche Standpunkt ist nicht richtig.

Angebracht ist vielmehr, daß man die große Informationskraft des Tautenburger Instrumentariums an Probleme ansetzt, die man eben nur mit einem so großen Teleskop beobachterisch überhaupt lösen kann.

Hier bietet sich für die Schmidtamera sofort die extragalaktische Forschung an [2]. In der Tat ist die extragalaktische Forschung einer der Forschungsschwerpunkte des Zentral-Institutes für Astrophysik. Die Datengewinnung unserer ist die Hauptaufgabe der Schmidtamera des 2-Meter-Universal-Spiegelteleskopes in Tautenburg. Ihr Einsatz geschieht nach wohldurchdachtem Programm.

Die heutige empirische statistische Astrophysik arbeitet strategisch auf zwei Wegen:

- a) durch die Methode der Surveys
- b) durch die Methode der Testfelder

Die unter a) angegebene Methode erfaßt den gesamten Himmel oder wenigstens große Teile davon. Klassische Beispiele dazu haben wir auf dem Gebiet der Astrometrie in den großen Himmelskarten- und Sternkatalogunternehmungen. Sie dienen letzten Endes der geometrischen Auslotung des Kosmos, angefangen von der „Bonner Durchmusterung“ bis zu den AG-Katalogen, um nur zwei Prototypen zu nennen. Das großartigste und umfassendste Werk zur Kategorie a) ist der Mt. Palomar Sky Atlas. Er ergänzt zunächst die großen klassischen Bildbände des Himmels in universellster Weise und bis in die fernsten Tiefen des Kosmos.

Er gibt, wie wir heute wissen, mit seinen brillanten Originalplatten aber auch für die geometrische Auslotung des Kosmos die Basis für künftige fundamentale und umfassende Untersuchungen zur Eigenbewegung schwächster Sterne bis zur 21.3 Sterngröße. Hauptsächlich aber stellt er mit seinen Aufnahmen in zwei Farbbereichen ein gewaltiges Informationsreservoir für die statistische Astrophysik dar, deren Ziel die **physikalische Auslotung des Kosmos** ist.

Die hauptsächlichste Methode für dieses Ziel ist aber heute die Methode b), die der Testfelder. Ausloten heißt: in die Tiefe bzw. in die Ferne tasten. Physikalisch ausloten heißt, dabei alle physikalischen Parameter der Objekte, die man bei dem Blick in kosmische Tiefen erfassen kann, beobachterisch aufzusammeln und danach durch Datenverarbeitung im engen Kontakt mit der Theorie auszudeuten.

Die Zahl der Objekte jedoch, die ein gewaltiges Schmidtteleskop bei einer Reichweite bis zu 21. oder 22. Sterngröße auf die photographische Platte bannt, ist so ungeheuer, daß es nur noch möglich ist, in relativ kleinen Testfeldern diese physikalisch-statistische Auslotung vorzunehmen. Schon Kapteyn sah dies ein, als er für eine Helligkeitsstatistik zur Struktur-Untersuchung unseres Milchstraßensystems die „selected areas“ als sorgfältig und gleichmäßig über den Himmel verteilte Testfelder von je 1.6 Quadratgrad Flächeninhalt einführte.

Auch für die extragalaktische Forschung mußte die Beschränkung auf einen „Felderplan“ eingeführt werden, um den Datenfluß überhaupt in noch abschätzbaren Grenzen zu halten. Dieser „Tautenburger Felderplan zur astrophysikalischen Statistik galaktischer und extragalaktischer Objekte“ wurde vom Verfasser im Jahre 1963 in den Grundzügen wie folgt aufgestellt:

Innerhalb einer Reihe sorgfältig ausgewählter Testfelder am nördlichen Sternhimmel werden photographische Aufnahmen möglichst großer Reichweite in den fünf international standardisierten Farbbereichen U, B, V, R und I gemacht. Der Gesamthalt der Felder beträgt etwa 300 Quadratgrad.

Die Auswahlkriterien für die Felder sind die folgenden:

Es müssen in allen Feldern möglichst weitreichende photometrische Standards im U-, B- und V-System vorhanden sein.

Sie müssen in galaktischen Breiten mit geringer oder mindestens gut bekannter galaktischer Absorption, beziehungsweise Verfärbung liegen.

Einige müssen in sehr hohen galaktischen Breiten liegen, wo die Visionsrichtung ins Universum praktisch absorptions- beziehungsweise verfärbungsfrei ist.

Es müssen Felder sein, in denen signifikante Eigenschaften des universellen Systems der Galaxien zu erwarten sind:

Felder mit ausgesprochenen Galaxienhaufen verschiedener Entfernungen, Felder mit großer Galaxienarmut trotz hoher galaktischer Breite (Verdacht auf intergalaktische Absorption);

Felder mit großem Galaxienreichtum;

Felder zum Spezialstudium großer Einzelgalaxien;

Felder zur photometrischen Auslotung des galaktischen Halos und zur Bestimmung seiner Begrenzung.

Dieses umfassend angelegte Beobachtungsprogramm erfordert eine große Zahl einzubringender Himmelsaufnahmen. Sie wird noch dadurch beträchtlich vergrößert, daß für ein oder zwei Felder eine über mehrere Jahre laufende Überwachung in einem einzigen Farbsystem (B oder V) durch mindestens hundert Platten, darunter Serienaufnahmen innerhalb einer einzelnen Nacht, zur exakten Nachprüfung einer etwaigen Veränderlichkeit schwacher und schwächster galaktischer und extragalaktischer Objekte zusätzlich durchgeführt wird.

Gemäß diesen Kriterien für die Auswahl werden seit dem Jahre 1964 am Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg zehn Felder beobachterisch bearbeitet. Die bereits jetzt vorhandenen Platten stellen ein enormes Informationsreservoir dar, für dessen Ausschöpfung vermutlich neue Wege beschritten werden müssen.

Das Problem der Datenverarbeitung

Diese Aufgabe ist Sache der datenverarbeitenden Partner unseres großen Kollektives im Rahmen der Forschungsarbeiten des Zentralinstitutes für Astrophysik. Die Aufgabe besteht zunächst in einem geistig schöpferischen Teil, der die Probleme und Fragestellungen aufzuspüren und zu entdecken hat, die mit dem vorhandenen Material lösbar sind. Dieses ist zwar a priori für spezielle Probleme aufgenommen worden (eben entsprechend dem Forschungsplan), enthält aber — wie die Erfahrung gezeigt hat — noch mindestens 5–10 mal so viel weitere Probleme, die damit bearbeitet und gelöst werden können. Ihre Ausschöpfung bestimmt die endgültige Effektivität und den Erfolg der Gesamtkonzeption.

Der zweite, wesentlich mühevollere Teil ist die dazu notwendige, an Meßmaschinen durchzuführende Datenselektierung und ihre Aufbereitung mit Hilfe von Computern. Wenn man zum Beispiel bedenkt, daß in den drei letzten Jahren am Karl-Schwarzschild-Observatorium zur statistischen Bearbeitung von 800 kompakten Galaxien und 400 „blauen Objekten“ (sternartige und quasarverdächtige) an einem einzigen halbautomatischen Irisphotometer 600 000 Messungen durchgeführt werden mußten oder die Galaxienstatistik bis zur 19. Größe in einem Feld von 30 Quadratgrad 50 000 Sterne und 50 000 Galaxien unter dem Stereometrographen selektiert werden mußten, so zeigt dieses die zu verarbeitenden Datenmengen, die in wenigen Schmidtaufnahmen als kleiner Bruchteil ihres wirklichen Datengehaltes zur Ausschöpfung und Weiterverarbeitung kommen. Bei den am

Institut für relativistische und extragalaktische Forschung in Babelsberg jetzt in noch größerem Maßstabe laufenden ähnlichen Vorhaben dürften diese Zahlen noch wesentlich höher sein.

Wir wissen heute, daß es das noch vor uns liegende arbeitstechnische Hauptproblem der empirischen statistischen Astrophysik ist, hierfür neue Methoden und Maschinen zu erfinden. In aller Welt, wo praktische Astrophysik getrieben wird, arbeitet man daran. Von einer auch nur einigermaßen technisch oder organisatorisch befriedigenden Lösung sind wir jedoch noch weit entfernt. Sie muß aber gefunden werden.

Einsichtige gehen sogar so weit, die Forderung aufzustellen, daß es keinen Zweck habe, in Zukunft irgendwo ein neues Großteleskop mit seinen Zusatz-Einrichtungen aufzubauen, wenn nicht vorher, zumindest aber gleichzeitig sichergestellt sei, wie sein Datenfluß bewältigt werden kann. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der zweiten großen beobachterischen Aufgabe des Karl-Schwarzschild-Observatoriums, der Spektrographie für die Zwecke der Sternphysik.

Seit dem Jahre 1967 liefern die Spektrographen mit den sechs verschiedenen Dispersionen an den Forschungsbereich für Sternphysik (Potsdam und Sonneberg) unseres Zentralinstitutes einen ständigen Datenstrom in Form von Spektrogrammen, die für die Erforschung magnetischer Sterne und gewisser Typen von Veränderlichen Sternen aufgenommen werden. Die Bearbeitung dieser mittlerweile in die Hunderte gehenden Spektrogramme stellt die zuständigen Kollektive vor schwerwiegende organisatorische und technische Probleme. Dabei geschieht die Informationsausbeute der Spektrogramme zunächst nur unter dem Aspekt der magnetischen Sterne. Daß man noch vieles andere damit machen kann, was ebenso wichtig ist, ist bekannt.

In diesem Zusammenhang sei ein Gedankengang gestreift, der immer wieder hartnäckig auftaucht. Es wird gesagt, daß es schade wäre, daß eine so großartige Einrichtung, wie sie das Tautenburger Teleskop darstellt, unter dem so unsicheren mitteleuropäischen Klima mit seinem nur mäßigen Prozentsatz an klaren Nächten unökonomisch eingesetzt sei, und wieviel gewaltiger seine Informationsausbeute sein könne, wenn es in Kalifornien oder Chile oder im Pamir stünde, wo ihm mehr als 250 exzellente Nächte im Jahre zur Verfügung stünden. Im Prinzip ist das richtig, aber in der Praxis jedoch kaum von Belang. Bereits der jetzt vorhandene Datenfluß, der unter unserem ungünstigen mitteleuropäischen Klima in Tautenburg vom Himmel gewonnen wird, kann von den astronomischen Einrichtungen der DDR nur zu einem Bruchteil bewältigt werden. Dagegen ist es durchaus sinnvoll, die Güte der Informationen weiter zu verbessern; und dies wird auch permanent angestrebt. Aber ihre Zahl zu steigern, würde keinen echten Nutzen bedeuten, da sie nicht auswertbar ist.

Der Gedanke, daß man ausländische Partner, insbesondere aus der Sowjetunion und den anderen befreundeten sozialistischen Ländern, zur Bewältigung des erdrückenden Materials mit in die kollektive Bearbeitung einbezieht, drängt sich logischerweise auf und knüpft damit den veränderten Bedingungen entsprechend an das Verfahren an, die Tautenburger Einrichtungen im internationalen Wissensaustausch zur Verfügung zu stellen, wie es in den ersten Jahren seines Bestehens in teilweise etwas zu bevorzugter Handhabung geschah.

Bei dem großen Forschungskomplex „Extragalaktische Forschung“, sollte man nicht außer acht lassen, daß unser eigenes Sternsystem schließlich auch ein Mitglied der sogenannten „lokalen Gruppe“ von extragalaktischen Systemen ist. Es erscheint daher logisch, daß auch die astrophysikalische Statistik galaktischer Objekte, wie z. B. die Auslotung des galaktischen Halos, mit in den Problembereich der Datenverarbeitung einbezogen werden muß, was im übrigen auch geschieht.

Dies zieht konsequenterweise die Untersuchung der interstellaren Materie mit in den Problembereich, wie sie von der Universitäts-Sternwarte Jena betrieben wird und wie sie in den Aufgabenbereich des Zentralinstitutes mit übernommen wurde. Natürlich wird man in gleicher Weise auch die intergalaktische Materie erforschen müssen, wenn man schon extragalaktische Astrophysik treibt und den Kosmos physikalisch ausloten will.

Seit dem Bestehen des Karl-Schwarzschild-Observatoriums sind auf der Basis seines Datenflusses von Autoren aus der DDR und dem Ausland bereits über 30 wissenschaftliche Arbeiten publiziert worden, von denen nicht wenige wirklich neue und neuartige Erkenntnisse brachten. Durch die Bildung unseres Zentralinstitutes für Astrophysik sind die Chancen für eine Steigerung dieser wissenschaftlichen Produktivität beträchtlich gewachsen. Unsere DDR besitzt in der Tautenburger Empfangseinrichtung für kosmische Daten eine wirklich großartige Anlage, die mit ähnlichen Anlagen in der Welt eindeutig und mit sicherem Erfolg konkurrieren kann. Es kommt jetzt darauf an, diese Chance zu nützen, den Datenfluß zu meistern und in neue wissenschaftliche Erkenntnisse umzumünzen.

Ausländische Kollegen aus der astronomischen Beobachtungspraxis, die das Observatorium besuchen, pflegen sehr oft unter dem Eindruck des vorzüglichen und umfangreichen Instrumentariums zu sagen: „Sie haben es gut. Sie haben das mächtige Zeisswerk in unmittelbarer Nachbarschaft und können sich immer sofort dorthin wenden, wenn Sie instrumentelle Sorgen haben“. Diese Feststellung hat einen hohen Wahrheitsgehalt. In der Tat bildet die räumlich so nahe Existenz des VEB Carl Zeiss, dem ja praktisch alle Einrichtungen des Karl-Schwarzschild-Observatoriums entstammen, die Rückversicherung dafür, daß das Observatorium ständig auf betriebstechnischem Höchststand gehalten werden kann und sich auch kontinuierlich den instrumentellen Weiterentwicklungen im astrophysikalischen Datenempfang anpaßt.

Auf der anderen Seite ist es jedoch so, daß im Zuge einer sehr klar umrissenen Applikationsforschung eben diese instrumentellen Weiterentwicklungen am Karl-Schwarzschild-Observatorium erprobt und teilweise mit gesteuert werden. Es ist kein Geheimnis, daß die nun von unserem Jenaer Werk fast serienmäßig gebauten 2-Meter-Teleskope psychologisch und praktisch durch die permanenten Erfolge der Tautenburger Einrichtung vorbereitet und stimuliert worden sind.

Diese Kooperation ist für beide Teile äußerst fruchtbar und sehr befriedigend. Sie begann bereits im Jahre 1964 durch die Unterzeichnung eines Vertrages über „gegenseitige Hilfe und Information bei der Entwicklung und Erprobung astronomischer Großgeräte und deren Zusatzeinrichtungen“. Beide Partner dürfen sich damit mit Recht als Schrittmacher in einer Entwicklung bezeichnen, die heute in der DDR selbstverständliche Aufgabe für jede Forschungseinrichtung ist.

Literatur

- [1] N. Richter: Acht Jahre Erfahrungen mit der Schmidt-Kamera des 2 m-Universal-Spiegelteleskopes in Tautenburg. Jenaer Rdsch. 1968/6.
- [2] W. Bronkalla, H. Oleak, H.-J. Treder, P. Notni: Extragalaktische Forschungen. Jenaer Rdsch. 1968/6.



Die Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha

HELMUT BUSCH

Leiter der Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha

Lage: Es gibt 5 Orte namens Hartha in der DDR. Hier handelt es sich um 7302 Hartha, eine Industriestadt mit knapp 10 000 Einwohnern im Kreis Döbeln (Bez. Leipzig).

Spricht man von den Schul- und Volkssternwarten in unserer Republik, so wird sicher auch die Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha erwähnt, denn sie wurde durch ihre vielseitige Tätigkeit überall bekannt, und manch einer hat ihr schon seinen Besuch abgestattet.

Im Nordwesten des Städtchens befindet sich der Gallberg; er ist mit 324 m über NN die höchste Erhebung im Bezirk Leipzig und zugleich ein idealer Ort für astronomische Beobachtungen.

Entstehung: Dies war jedoch nicht der einzige Umstand, der die Entstehung der Sternwarte begünstigte. Bereits 1949 hatte ich, jetzt Leiter der Sternwarte, enge Beziehungen zur Astronomie, insbesondere auch zur Fachastronomie. Als Amateur arbeitete ich seitdem in den Schulferien an der Sternwarte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Sonneberg (Astrophysikalisches Institut) und lernte fachwissenschaftliche Probleme kennen. Auch die Erweiterung dieses Institutes nach 1949 erlebte ich mit. Ein enges Verhältnis zwischen dem Forschungsinstitut und unserer späteren Sternwarte entwickelte sich und hat unsere bisherige gesamte Arbeit wesentlich beeinflusst. Dafür gebührt dem verstorbenen langjährigen Direktor der Sternwarte Sonneberg, Prof. Dr. C. Hoffmeister, und seinen Mitarbeitern bleibender Dank.

Aus kleinsten Anfängen heraus wurde in etwa 12 Jahren eine Schul- und Volkssternwarte geschaffen, die nicht nur in Amateurräumen und nicht nur in unserer Republik bekannt ist.

Unsere Sternwarte entstand in mehreren Teilabschnitten. 1957 wurde von den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft „Junge Astronomen“ der Oberschule Hartha der Grundstein für die Sternwarte gelegt. Der Deutsche Kulturbund regte damals an, das geplante Objekt einer Einwohnerversammlung vorzutragen. Unter schwierigsten Bedingungen wurde dann eine 4 m-Kuppel errichtet. Ein Jahr später konnten wir in dieser Kuppel bereits beobachten und unsere Arbeit aufnehmen. Das verdanken wir vor allem der fleißigen Arbeitsgemeinschaft, die unter meiner Leitung diesen Abschnitt vollendete. Nur wer selbst solch eine Aufgabe durchgeführt hat (es sind heute viele), kann ermessen, was das bedeutete.

Der zweite, größte Abschnitt wurde 1959 begonnen. Ein Gebäude von 150 m² Grundfläche, das einen Unterrichtsraum für etwa 40 Personen und Nebenräume verschiedenster Art enthält, wurde gebaut. Das massive Flachdach wurde als Dachgarten errichtet, um so eine große Beobachtungsfläche zu erhalten. Dunkelkammer, Meßraum, Arbeitsraum, Garderobe und sanitäre Anlage gehörten zu diesem Projekt. Es ging dabei darum, alles recht zweckmäßig zu gestalten. Schon damals galt als oberster Grundsatz, alles das, was vorhanden ist, voll für die Arbeit zu nutzen und nicht nur etwas für das Auge allein zu schaffen.

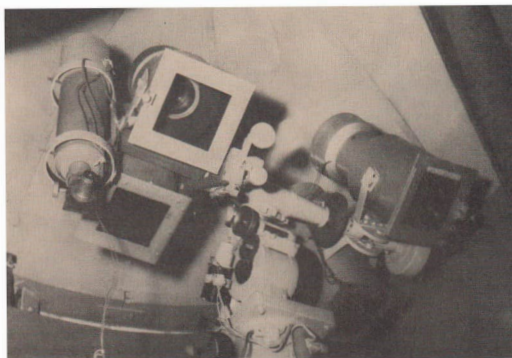
Doch schon bald zeigten sich Probleme, die sich aus der Arbeit ergaben. Da wir nicht nur visuelle Beobachtungen durchführen wollten und photographische Aufgaben durch die Zusammenarbeit mit der Sternwarte Sonneberg gelöst werden sollten, war eine Verlegung unserer damaligen photographischen Anlage in ein neues Gebäude erforderlich. Das erfolgte 1964 durch den Aufbau einer gesonderten photographischen Anlage auf dem Dach unter einer 2-m-Kuppel.

Wenn dieser Abschnitt auch räumlich klein war (er war wegen der gebauten halbautomatischen Einrichtung nur für einen Beobachter vorgesehen), so hatte er manches Problem in sich. Es ist zur Zeit der modernste Teil in unserer Einrichtung, da auf eine zeitökonomische Konstruktion größter Wert gelegt werden mußte.

Um den Entwicklungsweg bis heute zu beschreiben, muß noch auf den vierten Bauabschnitt hingewiesen werden, der 1965 begann. Es machte sich erforderlich, ein großes Instrument zu bauen und in einer neuen Kuppel aufzustellen, um auch lichtelektrische Beobachtungen durchführen zu können. Der Bau einer 5-m-Kuppel und eines 36 cm-Cassegrain-Spiegel-Teleskopes wurde geplant und dann auch ausgeführt. Damit wurde auch noch das Problem des Bibliothekraumes und der Schaffung von zwei weiteren Arbeitsräumen gelöst. Die Konstruktion und Ausführung einer Kuppel mit reichlich 5 m Durchmesser war eine Aufgabe, deren Lösung alles von uns verlangte. Sie ist zweifellos das Glanzstück in unserer baulichen Entwicklung. Nebenbei machte sich nun unbedingt der Bau einer Werkstatt erforderlich, die gleichzeitig mit entstand.



162 mm-Refraktor mit Astrokamera 14/700.



**Gerät für
Himmels-
über-
wachung.**

Sämtliche Arbeiten wurden zum größten Teil von uns selbst, von Jugendlichen, ausgeführt. Bewundernswert sind der Fleiß, der Eifer und die Ausdauer, mit dem alle ans Werk gingen. Über 25 000 NAW-Stunden praktischer Tätigkeit (nicht zu zählen sind die Stunden, wo über Probleme gestritten, Material beschafft wurde, Arbeiten organisiert wurden) sind von uns geleistet worden, aber auch viele interessierte Bürger beteiligten sich. Jeder, der mithalf, sagt heute voller Stolz: Das ist auch mein Werk! So erklärt sich auch die enge Verbundenheit der Bevölkerung mit unserer Einrichtung, die schon mancher, der bei uns zu Besuch war, spüren konnte.

Einrichtung: Die Einrichtung unserer Sternwarte ist zweckmäßig und teilweise ebenfalls durch eigene Arbeit geschaffen. Als visuelles Instrument dient ein Refraktor mit 162 mm Öffnung und 2500 mm Brennweite, der mit elektrischer Nachführung versehen ist. Mit diesem Instrument mußte mehrere Jahre hindurch in Verbindung mit 2 Astrokameras die photographische Himmelsüberwachung durchgeführt werden. Heute ist eine Tessar-Astrokamera 140/700 mm an diesem Gerät angebracht.

Zu den beiden Astrokameras mit 250 mm Brennweite kamen zwei weitere hinzu; sie befinden sich in der 2 m-Kuppel, in der heute die Himmelsüberwachung durchgeführt wird. Die Nachführung erfolgt durch eine elektronische Steueranlage, die gewährleistet, daß 45-Minuten-Aufnahmen ohne Kontrolle mit größter Genauigkeit hergestellt werden können. Die Konstruktion und Ausführung wurde von einem Mitglied der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes besorgt. Er arbeitet heute als Auslandsmonteur des VEB Carl Zeiss, Jena.

Bis zum 20. Geburtstag unserer Republik wird das Cassegrain-Spiegelteleskop (360 mm Öffnung) in der 5 m-Kuppel montiert sein und uns mit seiner lichtelektrischen Anlage gestatten, die Helligkeitsänderungen veränderlicher Sterne mit größter Präzision messen zu können. Eine Anlage, die uns die Sternwarte Sonnenberg zur Verfügung stellte und die noch auf keiner anderen Schul- und Volkssternwarte in unserer Republik vorhanden ist.

Außer diesen Hauptinstrumenten besitzen wir verschiedene kleinere Geräte, die für Schülerbeobachtungen und die Tätigkeit der Arbeitsgemeinschaften gebaut



**Helmut
Busch, der
Sternwar-
tenleiter.**

wurden. Zur Auswertung von Himmelsaufnahmen entwickelten wir mehrere Meßgeräte wie Vergleichsapparate (zur Ermittlung der photographischen Helligkeit von Sternen) und zwei Schätzapparate. Als Zeitanlage dienen ein Spezial-Kurzwellenempfänger, zwei Chronometer und ein Zeitschreiber, der aus einem Morsetelegraphen der Deutschen Reichsbahn umgebaut wurde.

Wegen der umfangreichen photographischen Arbeiten waren eine Dunkelkammer und ein Raum, in dem die photographischen Apparate (Vergrößerungsgeräte, Reprogeräte usw.) untergebracht werden, notwendig. Die Himmelsaufnahmen werden in speziell angefertigten Tanks entwickelt. Unser Plattenarchiv enthält z. Z. über 2500 Himmelsaufnahmen. Für Sonnen- und Mondaufnahmen wurde eine kleine Spezialkamera gebaut. In unserer Bibliothek sind mehrere hundert Bücher vorhanden, dazu spezielle Fachliteratur, Sternkarten usw.

Die Sternwarte steht mit etwa 70 Sternwarten in allen Erdteilen in Verbindung.

Für Unterrichtszwecke stehen uns sämtliche Lehr- und Anschauungsmittel, die im Handel erhältlich sind, zur Verfügung. Hinzu kommen noch selbstgefertigte Anschauungsmittel. Auch eine umfangreiche Diasammlung ist vorhanden. Unsere Werkstatt verfügt z. Z. über eine Drehmaschine, Bohrmaschinen, eine Spritzanlage und umfangreiches Werkzeug. Die Werkstatt wird von meinem Mitarbeiter Klaus Häußler verwaltet.

Aufgaben: Unsere Hauptaufgaben haben schulischen, populärwissenschaftlichen und fachwissenschaftlichen Charakter. Die erstgenannten ergeben sich aus unserer Tätigkeit als Schul- und Volkssternwarte. Sie bestehen z. B. in der zentralisierten Durchführung des Astronomieunterrichts für die 5 Schulen von Hartha und die des Nachbarortes Waldheim, der Betreuung von 2 Arbeitsgemeinschaften „Junge Astronomen“, der praktischen Unterstützung der Arbeit der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes, seit vielen Jahren der Aus- und Weiterbildung von Astronomielehrern des Bezirkes Leipzig, der Vortragstätigkeit im Rahmen des Deutschen Kulturbundes und der URANIA, der Jugendstunden zur Vorbereitung der Jugendweihe und der himmelskundlichen Führungen.

Als einzige Schul- und Volkssternwarte der DDR erhalten wir von der Deutschen Akademie der Wissenschaften Forschungsaufträge, die wir im Rahmen der Amateurtätigkeit lösen. Schon seit 1949 gilt unsere besondere Liebe der Erforschung der veränderlichen Sterne.

Der erste größere Auftrag bestand in der Erstbearbeitung von 26 in Sonneberg entdeckten Veränderlichen auf Platten des 40 cm-Astrographen. Diese Arbeit erschien in der Publikation „Veröffentlichungen der Sternwarte Sonneberg“. Zur Zeit bearbeiten wir ein Feld in der Nähe des galaktischen Nordpols mit 80 neu entdeckten Veränderlichen. Für unsere fachwissenschaftliche Tätigkeit wurden wir auf der letzten IAU-Tagung in Prag lobend erwähnt.

Unsere eigenen Arbeiten bestehen in der Beobachtung und Überwachung von vorwiegend kurzperiodischen Veränderlichen, die visuell und photographisch (später auch lichtelektrisch) durchgeführt werden.

Ergebnisse: Die Entstehung unserer Sternwarte war das Hauptergebnis unserer bisherigen Tätigkeit (ihr Wert beläuft sich auf eine halbe Million Mark). Heute steht die Lösung der genannten Hauptaufgaben im Vordergrund. Unsere Schüler haben in der Sternwarte die Möglichkeit, sich ein gutes theoretisches Wissen und praktische Fähigkeiten anzueignen. Die besonders interessierten Schüler sind in den Arbeitsgemeinschaften zusammengefaßt und können nach ihrer Schulentlassung in der Fachgruppe des Deutschen Kulturbundes weiter mitarbeiten als ehrenamtliche Mitarbeiter der Sternwarte. Schon mancher hat so seine berufliche Entwicklung vorbereitet. Eine enge Verbindung besteht heute noch zu einer großen Zahl ehemaliger Schüler.

In den verschiedensten Veranstaltungen in der Sternwarte werden jährlich 3000 bis 4000 Besucher gezählt. Zwar keine übermäßig große Zahl im Vergleich zu anderen Einrichtungen, doch haben alle Besucher einen nachhaltigen Eindruck von der Astronomie erhalten.

Groß ist die Zahl der wissenschaftlichen Beobachtungen auf dem Gebiet der veränderlichen Sterne, aber auch an Beobachtungen auf anderen Gebieten (Finsternisse, Polarlichterscheinungen, Zodiakallicht, Sternbedeckungen). Die Ergebnisse werden in zwei von uns herausgegebenen Publikationen veröffentlicht und im Rahmen unseres Tauschverkehrs mit vielen Instituten getauscht. Im „Harthaer Beobachtungs-Zirkular“ werden kürzere Arbeiten und in den „Mitteilungen der Bruno H. Bürgel-Sternwarte“ umfassendere Ergebnisse veröffentlicht. Darüber hinaus erschienen Artikel und Forschungsergebnisse von uns in Veröffentlichungen anderer Institute. Neue, wesentliche Ergebnisse auf dem Gebiet der Veränderlichen werden in den Publikationen der Sternwarte Sonneberg und dem IBVS (Information Bulletin on Variable Stars; Comm. 27 of the IAU.) veröffentlicht, das von der Konkoly-Sternwarte Budapest im Auftrage der Komm. 27 der IAU herausgegeben wird.

Bisher wurden über 15 000 photographische Beobachtungen an Veränderlichen und etwa 2000 visuelle Beobachtungen erhalten. Für diese Arbeiten steht eine umfangreiche Fachbibliothek zur Verfügung, in der fast sämtliche Veröffentlichungen gesammelt werden, die über Veränderliche erscheinen. Eine Spezialkartei gibt über sämtliche Veränderliche umfassend und schnell Auskunft.

Obwohl große Anstrengungen diesbezüglich unternommen wurden, ist es bis heute leider noch nicht gelungen, auf dem Gebiete der Beobachtung der veränderlichen Sterne eine amateurmäßige Zusammenarbeit zu erzielen. Wir bieten hiermit nochmals allen Fachgruppen Astronomie des Deutschen Kulturbundes, allen Astronomiefreunden in der DDR unsere Bereitschaft zu helfen und zusammenzuarbeiten an.

Perspektiven: Neben der Vervollkommenung unserer Geräte und Hilfsmittel werden wir auch künftig unsere drei Hauptaufgaben zu gleichen Teilen zu erfüllen suchen und noch mehr als bisher zu einer Gemeinschaftsarbeit streben. Bis zum 20. Jahrestag unserer Republik wird nicht nur die neue Anlage in der 5 m-Kuppel fertiggestellt sein, sondern auch das Gelände der Sternwarte wird noch verschönert werden.

Schluß: Überblickt man die verflossenen 20 Jahre der astronomischen Beobachtungstätigkeit und die Entwicklung unserer Republik seit 1949, so kann man feststellen, daß Großes geschaffen wurde, geschaffen aus belächelten Anfängen. Noch viele schöne Aufgaben stehen vor uns, zu deren Erfüllung auch die Verbreitung astronomischer Kenntnisse ihren Teil beisteuert.

In der DDR ist der Traum Bruno H. Bürgels, dessen Namen unsere Sternwarte trägt, voll erfüllt: Alle Menschen sollen Zugang zur Wissenschaft haben!

Die Erforschung der veränderlichen Sterne

Dr. WOLFGANG WENZEL

Zentralinstitut für Astrophysik, Bereich Sternphysik, Sternwarte Sonneberg

Die moderne Sternphysik ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß sich die Forschung immer mehr der Untersuchung derjenigen kosmischen Objekte zuwendet, die sich in Entwicklungsphasen befinden, die entweder selbst sehr rasch durchlaufen werden oder in denen in den Objekten Prozesse auftreten, die zu besonderen Erscheinungen, z. B. Instabilitäten, Anlaß geben. Solche interessanten Durchgangphasen der Evolution, die im wesentlichen an die Entwicklung der Energiequellen im Fixstern-Innern gekoppelt sind, äußern sich in mehr oder weniger rasch verlaufenden Änderungen des physikalischen Zustandes, gekennzeichnet etwa durch die Zustandsgrößen Leuchtkraft, Masse, Radius, effektive (Oberflächen-)Temperatur, Magnetfeld u. a.

Diese „veränderlichen Sterne“ im weiteren Sinne werden heute auf der ganzen Erde intensiv untersucht, und sie bilden auch das Hauptarbeitsgebiet des Zentralinstitutes für Astrophysik, Bereich Sternphysik, der Deutschen Akademie der Wissenschaften (Direktor Prof. Dr. J. WEMPE).

Die Forschung ist dabei sehr vielschichtig. Abgesehen von der Aufgabenteilung in Beobachtung (Messung) der Phänomene einerseits und theoretische Durchdringung andererseits, haben wir im wesentlichen zwei Forschungsrichtungen zu unterscheiden: Statistik und Physik. Beide Richtungen hängen natürlich eng zusammen.

Zunächst muß klar gemacht werden, daß es ganz überwiegend allein die elektromagnetische Strahlung, also z. B. sichtbare, ultraviolette, infrarote, Radiofrequenz- und Röntgenstrahlung, ist, die uns Kunde von den Vorgängen in den Fixsternen (genauer gesagt, eigentlich von deren Oberflächen) gibt. Unter einem „veränderlichen Stern“ im engeren Sinn verstehen wir daher einen Fixstern, dessen Helligkeit (eventuell nur in einem gewissen Wellenlängenbereich) meßbar variabel ist.

Typologie und Statistik

Veranlaßt durch verschiedene Entwicklungsphasen, in denen sich ein Stern befinden kann, und durch die Verschiedenheit der Zustandsgrößen, gibt es eine stattliche Zahl verschiedener Typen dieser Veränderlichkeit. Die Skala reicht von ziemlich streng periodischen Vorgängen (Pulsation der δ -Cephei- oder RR-Lyrae-Sterne) bis zu recht unregelmäßig verlaufenden Änderungen (T-Tauri-Sterne), von explosiven Ausbrüchen (Novae, Supernovae) bis zu unvorhersehbaren starken Helligkeitsabnahmen (R-Coronae-Sterne).

Der Generalkatalog der veränderlichen Sterne enthält, zweimal ergänzt, fast 19 000 gut untersuchte Veränderliche. Über 10 000 wurden allein an der Sternwarte Sonneberg des Instituts für Sternphysik, ganz überwiegend durch deren langjährigen Direktor, Prof. Dr. C. HOFFMEISTER, entdeckt. Die einzelnen Typen von Veränderlichen sind in diesem Material mit ganz unterschiedlichen Anteilen enthalten. Sieht man einmal von der Verschiedenheit der Entdeckungswahrscheinlichkeit der einzelnen Arten ab (diese kann im Prinzip rechnerisch ermittelt werden), so sind es im wesentlichen zwei Einflüsse, die die Anzahl in den verschiedenen Klassen bestimmen.

Als erstes erwähnen wir die sogenannte Verweilzeit; es ist diejenige Zeit (z. B. von der Größenordnung Millionen Jahre), die ein Stern während seiner Entwicklung im Zustand der betrachteten Art von Variabilität (etwa als δ -Cephei-Stern) zubringt. Die Anzahl dieser Veränderlichen ist in einem gegebenen Moment, etwa gegenwärtig, natürlich um so größer, je länger diese Verweilzeit ist. Der zweite Einfluß ist die Leuchtkraft. Je höher die Leuchtkraft (d. h. die vom Stern je Sekunde abgestrahlte Energie) ist, von um so größeren Rauntiefen vermag das Licht des Veränderlichen uns zu erreichen, um so größer ist der Raum um uns, in dem wir diese Sterne beobachten können, um so größer also auch ihre Anzahl.

Umgekehrt: Die wichtigsten Ziele der Statistik der veränderlichen Sterne sind heute die Ermittlung von Verweilzeiten und räumlicher Stellung aus den beobachteten Zahlen und der scheinbaren Verteilung an der Sphäre. Diese Arbeiten werden unter anderem an der Sternwarte Sonneberg, aber auch an einigen speziellen Instituten des Auslandes seit einiger Zeit forciert.

Physik der Veränderlichkeit

Die Betrachtung der oben genannten Verweilzeiten ergibt noch einen besonderen Aspekt: Wir kennen einzelne veränderliche Sterne, die sich in kein Schema einordnen lassen, die also ihresgleichen vermessen lassen, z. B. der berühmte Stern FG Sagittae, der seit Einführung der Himmelsphotographie um die Jahrhundertwende von Jahr zu Jahr kontinuierlich heller geworden ist. Die Forschung hat zu klären, ob wir es hier mit wirklich seltenen Phänomenen zu tun haben oder ob es Phasen in der Entwicklung sind, die sehr schnell durchlaufen werden, so daß die Wahrscheinlichkeit, sie zu beobachten, äußerst klein ist (kurze Verweilzeiten).

Die Untersuchung von Einzelfällen solcher Art, aber auch der Ursachen des Lichtwechsels und der kosmogonischen und entwicklungsmäßigen Bedeutung der übrigen großen Klassen der Veränderlichen, ist Gegenstand der Physik der Sterne. Am genannten Beispiel erkennen wir, wie eng statistische und physikalische Methoden verflochten sind.

Die Grundlagen der Physik der veränderlichen Sterne werden geliefert durch die detaillierte Analyse des Sternlichtes sowohl hinsichtlich seiner zeitlichen Variabilität als auch seiner meist abnormen spektralen Zusammensetzung, insbesondere aber neuerdings mit Hilfe der Kombination beider Richtungen: Im Vordergrund steht die komplexe Untersuchung der Variation der spektralen Besonderheiten der veränderlichen Sterne, unter Umständen über längere Zeit und lückenlos durch Kooperation verschiedener Observatorien auf der Erde.

Die Thoretiker erwarten von diesen Beobachtungen Möglichkeiten, „Modelle“ der Veränderlichkeit der einzelnen Typen zu entwerfen oder zu prüfen, d. h. letzten Endes den Verlauf der Zustandsgrößen innerhalb der Sterne dergestalt rechnerisch zu ermitteln, daß zwangsläufig die beobachtete Veränderlichkeit ihrer Ursache nach mit erklärt werden kann.

Da die empirischen Befunde meist äußerst verwickelt sind, harren beträchtliche Schwierigkeiten der theoretischen Lösung. Die Folge davon ist eine weitgehende Spezialisierung der Wissenschaftler und die Konzentration einzelner Teilgebiete in speziellen Instituten. Schwerpunkte stellen in beiden deutschen Staaten z. Z. beispielsweise dar: die Untersuchung von pulsierenden Sternen (δ -Cephei-Typus) und von engen Doppelsternen (W-Ursae-Majoris-Typus) (Göttingen), von Sternen mit veränderlichem Magnetfeld (Potsdam-Sonneberg) und von genetisch extrem jungen Veränderlichen (T-Tauri-Typus) (Sonneberg).

Astrophysikalische Beobachtungen

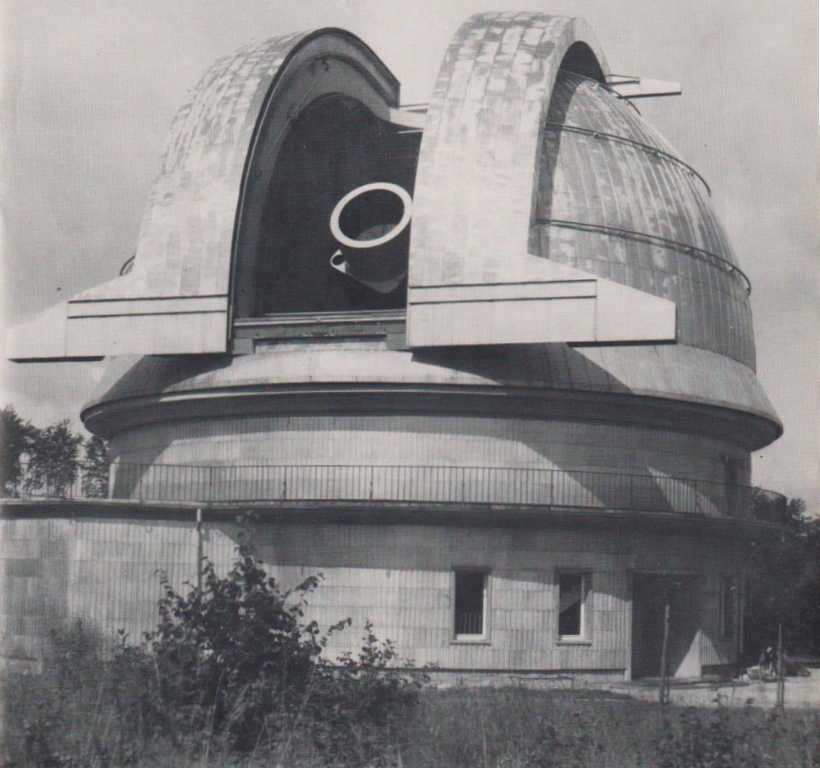
Eine weitere Folge des komplexen Verhaltens der veränderlichen Sterne ist die Tendenz, die astrophysikalischen Beobachtungs- und Meßverfahren immer mehr zu verfeinern und immer empfindlicher zu gestalten, vor allem die Reichweite der Instrumente und das zeitliche und spektrale Auflösungsvermögen der einzusetzenden Apparate zu erhöhen. Es ist bekannt, daß hierbei der VEB Carl Zeiss JENA eine führende Rolle spielt.

Die genannten Forderungen an das Instrumentarium widersprechen sich offensichtlich zum Teil. Da man es bei veränderlichen Sternen recht oft mit rasch variierenden Vorgängen zu tun hat (Zeitskala nicht selten nur wenige Minuten), auf der anderen Seite jedoch Einzelheiten in engen Spektralbereichen untersuchen muß (z. B. Intensitäten einzelner Spektrallinien), ist eine hohe lichtsammelnde Wirkung der gesamten Meßeinrichtung (Teleskop und Zusatzgeräte) und eine äußerst effektive Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Strahlungsenergie Grundvoraussetzung für den Erfolg. Spektrographen müssen peinlich alle Optimalbedingungen der geometrischen Optik erfüllen. Photoelektrische Photometer müssen es gestatten, in den nötigen Wellenlängenbereichen gleichzeitig Messungen anzustellen; veränderliches Objekt und Anschlußstern sollten ebenfalls simultan gemessen werden, entweder unter Verwendung eines Doppel-Teleskopes oder eines Doppelphotometers besonderer Konstruktion.

Der Einsatz von zwei oder mehr Teleskopen zur synchronen Beobachtung eines veränderlichen Sterns mit verschiedenartigen Apparaturen ist, wie oben schon angedeutet, ein moderner Trend. Dies ist besonders notwendig bei den unregelmäßig, nicht periodisch wiederkehrend variierenden Objekten, da sich deren Verhalten im allgemeinen nicht voraussagen läßt.

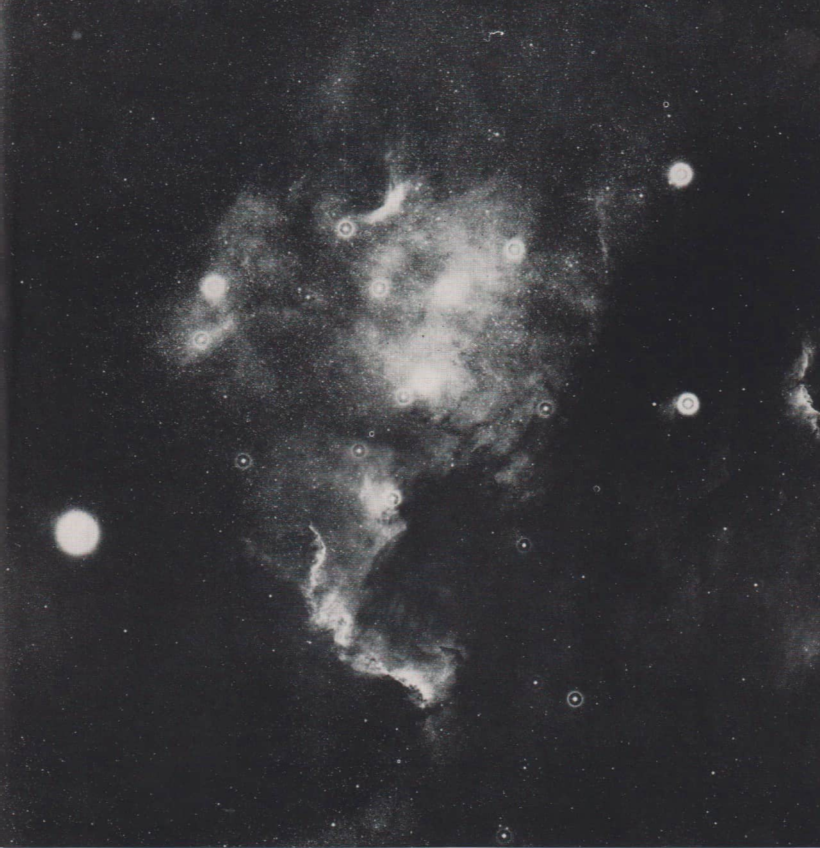
Wir begegnen hier einem bemerkenswerten Zug der gegenwärtigen Beobachtungstechnik: Sollen z. B. photometrische und spektrographische Beobachtungen gleichzeitig durchgeführt werden, so sind im Sinne einer optimalen Ausnutzung zwei ziemlich unterschiedlich dimensionierte Teleskope notwendig; wenn für erstere ein Spiegeldurchmesser von 60 cm vollkommen genügt, so benötigen wir für die zweite Aufgabe schon bei mittlerer Dispersion einen 2 m-Reflektor und lichtschwächere Objekte (oder schwache Phasen desselben Objektes) beziehungsweise höhere Dispersionen sind meist ganz unzugänglich. Dies hängt mit der unterschiedlichen Effektivität (Quantenausbeute) der Empfänger zusammen und bessert sich in dem Maße, wie elektronische Bildverstärkungsmethoden weiteren Eingang in die astrophysikalische Forschung finden.

Viel geringere Öffnungen (Größenordnung 10 cm) sind möglich für eine routinemäßige Überwachung des eben betrachteten Veränderlichen auf photographischem Wege. Diese wäre oft erforderlich, damit für die Verfolgung an den größeren In-



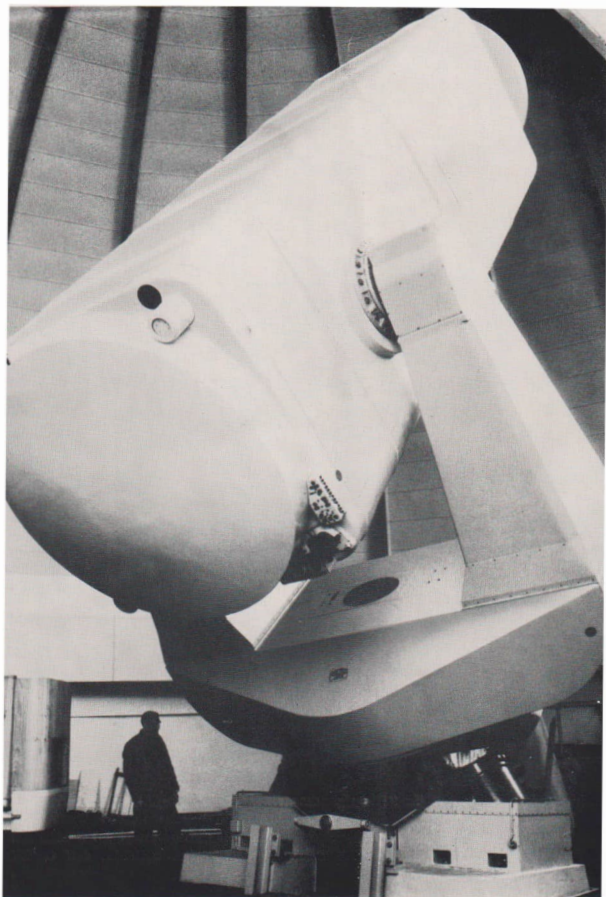
**20 m-Kuppel des Universal-Spiegelteleskopes
des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg
der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin**





Links: Andromedanebel (M 31) aufgenommen mit der Schmidt-Kamera des 2 m-Universal-Spiegelteleskopes des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg. Das ferne Milchstraßensystem mit seinen beiden Begleitsystemen ist 2 Millionen Lichtjahre entfernt. Aufnahme 1964 Sept. 28/29. 45 Min. belichtet auf ORWO-Astro-Blau-Platte + GG 13.

Oben: NGC 7000 (Nordamerika-Nebel), Aufnahme 1963 Okt. 8 9. Kodak 103 a - E + RG 1, 60 Min. belichtet. Fotos: F. Börngen.



2 m-Universal-Spiegelteleskop des Observatoriums Tautenburg.

strumenten die nötige Vorauswahl getroffen werden kann; sie ist jedoch wegen des raschen Ablaufs mancher Phänomene nicht immer praktisch durchführbar.

Ein weiterer internationaler Trend ist die Ausdehnung der Beobachtungen auf „unkonventionelle“ Bereiche des Spektrums. So haben z. B. kürzlich die ersten Messungen von Strahlungsausbrüchen bei gewissen kühlen Veränderlichen (UV-Ceti-Typus) im Radiofrequenz-Bereich mittels eines großen Radioteleskopes (Manchester) synchron zu normalen photoelektrischen Helligkeitsmessungen stattgefunden und wichtige Aufschlüsse über die Natur dieser „flares“ ergeben. Vor allem sind es aber Ultraviolett-Beobachtungen (durch Raketen- und Satellitenflüge) und Messungen im nahen Infrarot.

Die letzteren haben, mit Hilfe geeigneter photoelektrischer Photometer durchgeführt, unerwartete und in ihrer Tragweite noch nicht restlos erkannte Ausblicke auf die Natur der Veränderlichen mit langer Periode (Mira-Typus) und die extrem jungen Sterne eröffnet, bei diesen insbesondere auf die Eigenschaften der die Objekte umgebenden ausgedehnten Hüllen.

Beobachtungstendenzen der Statistik

Wenn bei den physikalischen Detail-Untersuchungen die Verfeinerung der Meßapparatur eine wichtige Rolle spielt, so ist es bei der Erlangung des empirischen Materials der Statistik die Automatisierung der Beobachtungsverfahren und die für die elektronische Datenverarbeitung passende Aufbereitung der Befunde. Das Suchen neuer Veränderlicher am Komparator durch Vergleich zweier photographischer Aufnahmen, die Ortsbestimmung auf den Platten, die photographische Photometrie vieler Objekte auf jeweils mehreren Hundert Aufnahmen, dies alles erscheint wie geschaffen für eine Automatisierung. Jedoch hat auch hier, wie in anderen Zweigen der modernen Technik, ein genaues Abwägen des Für und Wider, eine exakte Kalkulation der volkswirtschaftlich optimalen Lösung zu erfolgen.

Die Basis der Statistik sind bekanntlich photographische Aufnahmen ausgewählter Sternfelder. Ein möglichst großer Umfang jedes Feldes wird angestrebt, damit die nächtliche Beobachtungszeit ökonomisch ausgenutzt werden kann. Spezielle Astrographen oder SCHMIDT-Spiegel finden daher Verwendung. Nachdem die Pionierarbeit auf diesem Gebiet geleistet ist, tritt auch hier zunehmend eine Spezialisierung ein, indem man dazu übergeht, unter Einsatz größter Instrumente die räumliche Anordnung bestimmter Typen von Veränderlichen so weitreichend wie nur möglich zu untersuchen. Als willkürliche Beispiele nennen wir die Erforschung des durch die RR-Lyrae-Sterne charakterisierten sogenannten galaktischen Halos, die Untersuchung von Testfeldern in Richtung zum Kern unseres Milchstraßensystems (wo ebenfalls zahlreiche RR-Lyrae-Sterne zu finden sind), die Analyse der Struktur der Aggregate von T-Tauri-Veränderlichen (T-Assoziationen) und die Statistik der Kohlenstoff-Veränderlichen, die sich durch eine besonders anormale chemische Zusammensetzung auszeichnen und nach denen unter Zuhilfenahme von Objektivprismen-Spektren auf photographischen Platten, die im nahen Infrarot empfindlich sind, gesucht wird.

Alle diese Untersuchungen, ob nach physikalischen oder stellarstatistischen Methoden, ob messend oder rechnend, haben das gemeinsame Ziel, Beiträge zu leisten zur Kenntnis der Entstehung, des Aufbaus und der Entwicklung von Einzelsternen einerseits und unseres Sternsystems, des Milchstraßensystems, andererseits. Seitdem die Evolution im Universum mit den durch Physik und Mathematik bereitgestellten Hilfsmitteln erforscht wird, bietet die Untersuchung spezieller Durchgangsphasen dieser Entwicklung, wie es bei den Fixsternen die Veränderlichen sind, stets besondere Erkenntnisse. Heute ist die Zeit, in der man die veränderlichen Sterne als pathologische Fälle beiseite ließ, schon längst endgültig vorüber.

Mit freundlicher Erlaubnis der Redaktion entnommen der „Jenaer Rundschau“, Heft 6, 1968.

Astronomieunterricht und Amateurastronomie

Dr. KLAUS LINDNER

Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Im 20. Jahre des Bestehens der DDR jährt sich zum 10. Male die Einführung des obligatorischen Unterrichtsfaches Astronomie an unseren allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen. Dieses Doppeljubiläum gibt Anlaß, den bisherigen Erfahrungen aus dem Astronomieunterricht nachzugehen und einen Ausblick auf die kommenden Jahre zu versuchen.

Die Schulastronomie in der DDR hat sich in dem hinter uns liegenden Jahrzehnt zu einem voll anerkannten naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach entwickelt. Schon sehr bald nach seiner Einführung hatten Lehrer und Schulfunktionäre erkannt, welch hohe Potenzen für die geistige und staatsbürgerliche, insbesondere aber für die weltanschauliche Bildung und Erziehung dieses Fach aufweist. Gewiß — es waren Anfangsschwierigkeiten zu überwinden, aber sie wurden gemeistert; nicht zuletzt dank der Hilfe, die die Schulastronomie seitens der im Deutschen Kulturbund organisierten Amateurastronomen erfuhr.

War der Unterricht in den ersten Jahren nach 1959 noch größtenteils phänomenologisch, beschreibend angelegt, so lernten in der Folgezeit die Astronomielehrer immer besser, die mathematisch-physikalischen Zusammenhänge zu erkennen und im Unterricht wirksam werden zu lassen. Der eintönige Lehrervortrag trat gegenüber aktivierenden Unterrichtsformen zurück; in unseren Tagen nimmt die wissenschaftliche Methodik des Astronomieunterrichts immer deutlichere Gestalt an.

Großen Anteil an diesen sichtbaren Verbesserungen haben die Pädagogischen Kreis- und Bezirkskabinette und die 1965 eingerichteten Bezirkskabinette für Weiterbildung der Lehrer und Erzieher, die durch eine umfassende und intensive Weiterbildungsarbeit die Erfahrungen der Besten an alle interessierten Astronomielehrer weitergaben. In besonderem Maße verdienstvoll war und ist das Bezirkskabinett Dresden, das mit den alljährlich in den Sommerferien stattfindenden „Tagen der Schulastronomie“ in der Sternwarte Bautzen eine zentrale Weiterbildungsveranstaltung mit hohem Niveau und vorbildlicher Organisation schuf.

Seit dem Jahre 1963 besteht die Möglichkeit für alle Lehrer, mit einem Zusatzstaatsexamen die Lehrbefähigung für das Fach Astronomie auch offiziell zu erwerben.

Die Ausstattung der Schulen mit Lehrmitteln zeigt eine ähnliche positive Entwicklung. Im Jahre 1959 konnten die Astronomielehrer bestenfalls auf veraltete Himmelskarten und Tellurien zurückgreifen; es gab eine einzige Lichtbildreihe für das Gesamtgebiet der Astronomie. Heute existieren moderne Modelle, die aktive Auseinandersetzung der Schüler mit dem Lehrstoff wird durch drehbare Schülersternkarten und Arbeitssternkarten gefördert und ein umfangreiches Lichtbild- und Filmmaterial unterstützt die Anschaulichkeit des Unterrichts. Auch der Ausstattungsgrad mit Beobachtungsinstrumenten hat sich sichtbar verbessert.

Gleichzeitig zeigt sich das Bestreben, die Schülerbeobachtungen, die im Astronomieunterricht als unmittelbare Konfrontation der Schüler mit dem Unterrichtsgegenstand eine ähnliche Rolle spielen wie die Schülerexperimente in den Fächern Physik oder Chemie, in Schulsternwarten oder Schülerbeobachtungsstationen zu konzentrieren. Heute existieren in der DDR über 50 derartige Beobachtungsein-

richtungen; ihre Anzahl ist besonders seit der Einführung des Unterrichtsfaches Astronomie stark angewachsen. Diese Beobachtungsstätten sind teils mit umfangreichen staatlichen Finanzmitteln, teils mit einem großen Maß an persönlichem Einsatz der Leiter und Betreuer entstanden: Eine Umfrage ergab bei nur 14 Einrichtungen, also weniger als einem Drittel aller Schulsternwarten und Beobachtungsstationen 90 652 NAW-Stunden und daneben staatliche Unterstützung in Höhe von 2,04 Millionen Mark [1].

Die Entwicklung des Astronomieunterrichts und die Weiterentwicklung des gesamten Volksbildungssystems unserer Republik machte es erforderlich, den Astronomie-Lehrplan zu präzisieren und dem schrittweise einzuführenden Gesamtsystem der neuen Lehrpläne anzupassen. Seit 1965 wird an diesem Vorhaben gearbeitet; seine endgültige Fassung erhielt der neue Lehrplan, der 1971 eingeführt werden wird, im März 1969. Ein Vergleich mit dem vor 10 Jahren in Kraft getretenen Plan läßt deutlich die Schwerpunktverlagerung erkennen:

Plan 1959

1. Orientierung am Sternhimmel	6 Std.
2. Das Sonnensystem	
2.1 Geschichtliche Entwicklung der Auffassungen über das Sonnensystem	4 Std.
2.2 Die Sonne	3 Std.
2.3 Die Planeten und ihre Monde	5 Std.
3. Das Milchstraßensystem – Das Weltall	5 Std.
4. Die Entwicklung des Weltalls und der Erde	5 Std.

Plan 1971

1. Das Planetensystem	
1.1 Einführung	2 Std.
1.2 Die Erde als Himmelskörper	4 Std.
1.3 Der Erdmond	3 Std.
1.4 Das Planetensystem	6 Std.
1.5 Die Entwicklung der Vorstellung über das Planetensystem	1 Std.
2. Astrophysik und Stellarastronomie	
2.1 Die Sonne	3 Std.
2.2 Die Sterne	5 Std.
2.3 Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme	2 Std.
2.4 Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt	2 Std.

Eine weitere Besonderheit des neuen Lehrplans ist, daß er die Schülerbeobachtungen, die im Plan von 1959 lediglich empfohlen wurden, als obligatorische außerunterrichtliche Schulveranstaltungen ausweist (3 Stunden). Sie bilden hier einen untrennbaren Bestandteil des Systems von Schülertätigkeiten.

In diesem Bereich des Astronomieunterrichts eröffnet sich für unsere Fachgruppen erneut eine Möglichkeit, mit der Schulastronomie zusammenzuarbeiten und ihr Hilfe und Unterstützung zu bieten.

Bereits in den Jahren 1959 und 1960/61 hat es eine derartige Zusammenarbeit gegeben. Ihr äußeres Kennzeichen waren die beiden Konferenzen, die der Zentrale Fachausschuß Astronomie am 7. 11. 1959 in Berlin und am 14./15. 5. 1960 in Leipzig veranstaltete. Es waren Tagungen, auf denen Schulfunktionäre, Lehrer, Pädagogische Wissenschaftler, Fachastronomen und Amateurastronomen über die günstigsten Möglichkeiten für die Unterstützung des jungen Faches Astronomie durch die Wissenschaftler und Amateure berieten. Damals galt es, den vielen Astronomielehrern, die sich ohne fachliche Vorbereitung und ohne zureichende instrumentelle Ausrüstung um einen guten Unterricht bemühten, erste Einblicke in die moderne astronomische Wissenschaft und erste Gelegenheiten zur eigenen Himmelsbeobachtung und vereinzelt auch schon zur Beobachtung mit Schülern zu verschaffen.

Aus dieser Hilfe, die oftmals erhebliche persönliche Opfer an Freizeit und Mühe von den Mitgliedern unserer Fachgruppen forderte, ist an manchen Stellen eine

dauerhafte, partnerschaftliche Zusammenarbeit geworden. So ermöglichte es zum Beispiel die Fachgruppe Leipzig, die auf Grund eines Nutzungsvertrages mit der Karl-Marx-Universität deren „Kleine Sternwarte“ als Volkssternwarte betreut, in der letzten Zeit jährlich für 17 bis 18 Schulklassen systematische astronomische Beobachtungen unter fachkundiger Anleitung durchzuführen. Die Betreuung dieser Schülerpraktika übernahmen neben Mitgliedern der Fachgruppe auch Astronomielehrer der beteiligten Schulen. Aber nicht nur die Schulastronomen haben bei dieser Zusammenarbeit gewonnen. Das Interesse an astronomischen und astronomischen Problemen, bei vielen Schülern erst durch den Unterricht geweckt, war Wegbereiter für das Interesse an unserer Arbeit. Die Schüler erkannten, daß ihnen die Fachgruppen Astronomie des Deutschen Kulturbundes Gelegenheit geben, sich weiterhin in einem Kollektiv mit solchen Problemen zu beschäftigen, selbst zu beobachten und die Beobachtungen auszuwerten. Vielerorts erwarben sich die Fachgruppen auf diese Weise junge, begeisterte Mitarbeiter und vergrößerten ihre Mitgliederzahl.

Diese beiden Aspekte – Nutzen für den Unterricht und positive Rückwirkung auf die Fachgruppen – stehen im Vordergrund, wenn wir die Notwendigkeit und die Möglichkeiten einer erweiterten Zusammenarbeit zwischen Schul- und Amateurastronomie im folgenden untersuchen.

Die Notwendigkeit eines intensiven Mitwirkens der Fachgruppen am Astronomieunterricht folgt zunächst aus dem gemeinsamen Interesse, das moderne astronomische Weltbild allgemein zu popularisieren. Sie ergibt sich aber auch aus der Tatsache, daß vom 1. 9. 1971 an alle Astronomielehrer verpflichtet sein werden, mit ihren Schülern obligatorische Beobachtungsaufgaben zu erfüllen. Dafür bestehen bei weitem noch nicht überall günstige Bedingungen. Hier müssen die Fachgruppen Astronomie des Deutschen Kulturbundes ihre Aufgabe sehen! Der Zeitraum bis September 1971 ist ausreichend, um organisatorische Probleme zu klären und evtl. schon im Schuljahr 1970/71 probeweise Schülerbeobachtungen durchzuführen. Der Kontakt zu den Astronomielehrern der Schulen sollte jedoch recht bald aufgenommen werden. („Astronomie und Raumfahrt“ wird demnächst Hinweise für die Beobachtungsarbeit mit Schulklassen veröffentlichen!)

Um Mißverständnisse zu vermeiden: Es geht nicht darum, daß Amateurastronomen den Astronomieunterricht insgesamt erteilen. Das ist heute weder notwendig noch zweckdienlich. Aber die Leitung der obligatorischen außerunterrichtlichen Beobachtungen sollte dort, wo der Schule die Möglichkeiten dazu fehlen und eine Fachgruppe besteht, in den Händen dieser Fachgruppe liegen. (Unter Umständen, je nach Vereinbarung mit der jeweiligen Schule, kann diese Tätigkeit als Leitung einer außerunterrichtlichen Arbeitsgemeinschaft gewertet und vergütet werden.)

Dazu kann gehören, daß

1. den in Frage kommenden Schulklassen die fachgruppeneigenen oder privaten Beobachtungsinstrumente zur Verfügung gestellt und die Beobachtungen – um Beschädigungen und Verluste zu vermeiden – von Mitgliedern der Fachgruppe betreut werden;
2. einzelne Schüler langfristige Beobachtungen (Beobachtungsreihen) unter Anleitung von erfahrenen Amateurastronomen an Geräten der Fachgruppe erarbeiten;
3. die Fachgruppen bei der Einrichtung und Betreuung neu entstehender Beobachtungsstationen tatkräftige Hilfe leisten.

Wir plädieren nicht ohne Grund für eine **kollektive** Betreuung der Schülerbeobachtungen. Der neue Astronomie-Lehrplan sieht pro Schüler 3 Stunden Beobachtungen vor. Da jedoch die Instrumente mit wenigen Ausnahmen (Sonnen-

beobachtung mit Projektionsschirm) nur Einzelbeobachtungen gestatten, ist es sehr unzweckmäßig, mehr als etwa 10 Schüler gleichzeitig zu bestellen. Man wird mit mehreren kleinen Gruppen arbeiten müssen, also mehr Zeit aufzuwenden haben.

Daher und in Anbetracht der Tatsache, daß die Mehrzahl unserer Bundesfreunde die Astronomie in der Freizeit, neben ihrer Berufsaufarbeit betreibt, ist die Mitwirkung möglichst vieler geeigneter Mitglieder der Fachgruppen empfehlenswert.

Was könnte auf diesem Wege zu erreichen sein? Zu Beginn des Jahres 1969 existierten in der DDR nach unvollständigen Meldungen mindestens 58 Fachgruppen Astronomie, die sich wie folgt auf die einzelnen Bezirke verteilen:

Cottbus 1, Dresden 13, Erfurt 8, Gera 3, Halle 3, Karl-Marx-Stadt 10, Leipzig 4, Magdeburg 8, Potsdam 2, Rostock 2, Suhl 4.

Wenn wir annehmen, daß an jeder zweiten der 52 Schulsternwarten und astronomischen Schülerbeobachtungsstationen auch eine Fachgruppe unserer Organisation existiert, dann bleiben 32 Orte, deren Schulen durch die dort bestehenden Fachgruppen die Möglichkeit zur Durchführung fachlich einwandfrei angeleiteter Beobachtungen erhalten könnten. Sicherlich wird aber deren Zahl noch höher liegen.

Weiterhin: Die Erfahrung zeigt eine jährliche Zunahme der Schulsternwarten und Beobachtungsstationen um drei bis vier. Mit dieser Zuwachsrate wird auch für die kommenden Jahre zu rechnen sein. Die Fachgruppen Astronomie sollten die Möglichkeit wahrnehmen, beim Aufbau und in der Tätigkeit dieser Stationen zu beraten und mitzuarbeiten.

Sind genügend Betreuer zur Verfügung, dann lassen sich die Einrichtungen für mehrere Schulen gleichzeitig nutzen und somit besser auslasten. Eine Beobachtungsstation, die wegen Zeitmangels ihres Leiters nur alle zwei Wochen für einen Abend geöffnet ist, ist ein Beispiel für schlecht genutzte Grundmittel! Je mehr Bundesfreunde sich an der fachlich und gesellschaftlich wichtigen Betreuung astronomischer Schülerbeobachtungen beteiligen, um so mehr Schüler eines Ortes (und evtl. der Nachbarorte) können in das Beobachtungspraktikum einbezogen werden. Das aber bedeutet eine quantitativ und qualitativ höhere Stufe der Erfüllung des neuen Lehrplans!

Um die hier angedeuteten Möglichkeiten einer erneuten, intensiven Zusammenarbeit von Schul- und Amateurastronomie zu präzisieren und beide Seiten miteinander ins Gespräch zu bringen, plant der Zentrale Fachausschuß Astronomie eine zentrale Beratung aller Vorsitzenden der Bezirksfachausschüsse und Fachgruppen Astronomie und aller interessierten Amateurastronomen mit prominenten Vertretern der Schulastronomie. Sie wird voraussichtlich im Herbst 1970 in Berlin stattfinden. Darüber hinaus ist es unser Bestreben, die Schulfunktionäre und alle Astronomielehrer in den Weiterbildungsveranstaltungen und durch die Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ auf die Zusammenarbeit mit unseren Fachgruppen hinzuweisen.

20 Jahre DDR – 10 Jahre Schulastronomie in der DDR! Dieses Jubiläum ist mit einer Aufgabenstellung für die Amateurastronomie verbunden. Es ist sehr zu wünschen, daß sie überall verstanden und aufgenommen wird!

Literatur:

- [1] „Der Astronomieunterricht in der DDR, dargestellt an der Entwicklung der Schulsternwarten und Schülerbeobachtungsstationen“ (Kollektiv-Forschungsauftrag der Klasse 10 V2 der erweiterten Leibniz-Oberschule Leipzig).
- [2] Lehrplan der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule. Astronomie. Berlin, 1959.
- [3] Lehrplan für Astronomie. Klasse 10. Berlin 1969.

Probleme des Liebhaberastronomen

Dr. PAUL AHNERT

Sternwarte Sonneberg der DAW

Die Geschichte der Astronomie kennt die Namen vieler Liebhaber dieser faszinierenden Wissenschaft. Einzelne von ihnen haben Leistungen vollbracht, die ebenbürtig neben den Arbeiten der besten Fachastronomen ihrer Zeit stehen. Ich will nur einige nennen:

Der Danziger Ratsherr und Brauereibesitzer J. HEVEL (1611–1687) erbaute eine Sternwarte, auf der er mit den besten zu seiner Zeit erhältlichen Instrumenten – unterstützt von seiner Frau – beobachtete. Er schuf das erste brauchbare Kartenwerk des Mondes – seine „Selenographia“ – mit einer der irdischen Geographie entnommenen Nomenklatur, und ein Sternverzeichnis, dessen Nummern z. T. heute noch benutzt werden (z. B. 13 H Cephei, ein interessanter 3facher Stern).

Der in jungen Jahren als Militärmusiker aus Niedersachsen nach England gekommene und später als Organist tätige W. HERSCHEL (1738–1822) kam erst am Ende seines 4. Lebensjahrzehnts zur Astronomie. Ihn interessierte vor allem der Fixsternhimmel. Da die dafür geeigneten Instrumente für seine bescheidenen Mittel zu kostspielig waren, begann er mit bestem Erfolg selbst Teleskopspiegel zu schleifen und hatte das Glück, 1781 mit einem noch ziemlich bescheidenen Instrument den Planeten Uranus zu entdecken. Dieser Erfolg machte ihn mit einem Schlage berühmt und trug ihm eine Jahresrente ein, die ihn in den Stand setzte, alle seine Kräfte der Astronomie zu widmen und sich Teleskope zu bauen, die alle früheren an Größe und Reichweite übertrafen. Er entdeckte und maß viele Doppelsterne, bestimmte die Verteilung der Fixsterne am Himmel bis etwa zur 15. Größe – so lichtschwache Sterne hatte vor ihm noch keines Menschen Auge erblickt – fand und katalogisierte Tausende von lichtschwachen Nebelflecken und drang damit – ihm selbst noch unbewußt – viele Millionen Lichtjahre weit in den Weltraum vor.

Sein etwas jüngerer Zeitgenosse W. OLBERS (1758–1840), ein Arzt in Bremen, leistete auf einem anderen Teilgebiet Hervorragendes: Er entdeckte 1801 und 1807 den 2. und 4. Planetoiden, die Pallas und die Vesta; sein Hauptinteresse galt indes den Kometen, von denen er die meisten zu seinen Lebzeiten erschienenen beobachtete und ihre Bahnen nach einem von ihm entwickelten und auch heute noch angewendeten Verfahren berechnete. Sein Observatorium war sehr bescheiden: Er beobachtete aus den Fenstern eines ungeheizten Zimmers, und sein Hauptfernrohr war ein Achromat von DOLLOND mit einer Öffnung von 9 cm, lag also im Bereich eines gewöhnlichen Liebhaberfernrohrs.

OLBERS' Freund H. SCHRÖTER (1745–1816), ein Jurist und Amtmann in Lilienthal bei Bremen, beobachtete mit Spiegelteleskopen verschiedener Größe den Mond und die Planeten und veröffentlichte seine Ergebnisse in mehreren Bänden. Wenn auch seine Zeichnungen der Mondlandschaften wenig Talent für eine ansprechende Wiedergabe verraten, so gaben doch seine sehr ausführlichen Beschreibungen die Anregung zu einer intensiven Beobachtung unseres Trabanten durch die folgende Generation.

Von den zahlreichen Amateuren des vorigen Jahrhunderts, die sich noch vor der Einführung der Photographie mit dem Monde beschäftigten, sei hier nur der Landvermesser W. G. LOHRMANN (1796–1840) erwähnt, der in außerordentlich klarer Zeichenmanier eine Mondkarte von fast 1 m Durchmesser auf 25 Kupferstichtafeln schuf, die heute noch eine der instruktivsten Beobachtungshilfen für Mond-

beobachter mit den gängigen Liebhaberfernrohren sind. LOHRMANN benutzte 2 Fraunhoferfernrohre von 8 cm und 12 cm Öffnung.

Schließlich sei noch ohne Namensnennung der zahlreichen Amateurastronomen gedacht, die sich in der 2. Hälfte des vorigen und in noch größerer Zahl in unserem Jahrhundert der Beobachtung der veränderlichen Sterne gewidmet und für die wissenschaftliche Erforschung dieser kosmogonisch wichtigen Objekte unschätzbares Beobachtungsmaterial geliefert haben.

Was hatten all diese Liebhaber der Sternkunde gemeinsam? Nicht den Umfang ihrer instrumentellen Hilfsmittel. Der war verschieden, je nach den Aufgaben, die sie sich stellten und natürlich auch je nach ihren Vermögensverhältnissen. Was aber alle erfolgreichen Amateure, auch die vielen ungenannten auszeichnete, war ihre oft im Selbststudium erworbene gründliche Kenntnis ihres Spezialgebietes, ihr Fleiß, ihre Ausdauer im Beobachten und vor allem ihre beständige Liebe und Begeisterung für das Reich der Sterne.

Ein Umstand fällt für den rückschauenden Betrachter noch ins Gewicht: Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts war die Ausrüstung der Staats- und Universitätssternwarten mit wenigen Ausnahmen so bescheiden, daß daneben auch die Instrumente fähiger Liebhaber gleichwertige Beobachtungen liefern konnten. Berufsastronom und Liebhaber benutzten das gleiche Verfahren, die visuelle Okularbeobachtung. Ein Unterschied bestand darin, daß die Sternwarten vor allem Präzisionsmessungen pflegten, wozu ihnen Meridianinstrumente und Fadenmikrometer zur Verfügung standen, während die Liebhaber vor allem physische Beobachtungen betrieben; ihr Feld waren die Objekte des Sonnensystems oder der Lichtwechsel der veränderlichen Sterne.

Seit der Einführung der Spektroskope und der Photographie in die astronomische Forschung haben sich die Ausrüstungen und Arbeitsmethoden der Sternwarten von Grund aus gewandelt und mit der Vervollkommenung der Strahlungsmessung (Thermozellen, lichtelektrische Verfahren), der Nutzung der Bildwandlertechnik, der Erschließung weiterer Bereiche der elektromagnetischen Strahlung (Radioastronomie) und nicht zuletzt durch die Automatisierung der Auswertegeräte ein Niveau erreicht, unter dem jede Liebhaberausrüstung hoffnungslos zurückbleiben muß. Damit ist dem Sternfreund, der auf seine Mittel oder auch auf die einer Arbeitsgemeinschaft angewiesen ist, die Mitarbeit an der vorderen Front der Forschung versagt.

Vor anderthalb Jahrhunderten konnte ein HERSCHEL, ganz auf sich selbst gestellt, unbekanntes Neuland betreten. Der Sternfreund von heute findet sich in einer bebauten und vermessenen Landschaft, und die mühevolle Erschließung der unbekannten Grenzgebiete vollzieht sich weit jenseits seines Horizonts. Zwar berichten die Forscher laufend von ihren Entdeckungen und ihren Beratungen über die zum Teil rätselhaften und keineswegs sicher gedeuteten Erscheinungen, aber es vergeht eine Zeit, bis die neuen Erkenntnisse sich soweit gefestigt haben, daß sie sich in der Literatur niederschlagen, die den im Hinterland wartenden Interessenten zugänglich ist.

Sollen die Amateurastronomen angesichts dieser Entwicklung resignieren, und auf eigene Beobachtungen verzichten? Nun, sie haben die Antwort schon gegeben: Sie denken nicht daran, aufzugeben. Auf keinen Fall diejenigen, die jene Eigenschaften besitzen, mit denen ich oben die wahren Sternfreunde kennzeichnete.

Was hat sich denn seit den goldenen Tagen eines HERSCHEL oder LOHRMANN geändert?

Unser Wissen von den Sternen, vom Bau des Universums hat sich seit damals gewaltig erweitert: Wir kennen die Energiequellen der Sonne, haben im wesent-

lichen zutreffende Vorstellungen vom Lebenslauf der Fixsterne, wissen um Struktur und Dynamik des Milchstraßensystems und überschauen das Universum bis zu Entfernungen von mehreren Milliarden Lichtjahren. Aber dieses nur an wenigen Beispielen angedeutete Wissen kann den Reiz der Sternenwelt nur erhöhen, das Interesse steigern. Ein Nebel, der im Okular unseres Fernrohrs erscheint, ist für uns nicht mehr nur ein undeutbares, blasses Gebilde unbekannter Art und Entfernung, wie er einem MESSIER und selbst einem HERSCHEL erschien, sondern eine Weltinsel in der Distanz von einigen Zehnmillionen Lichtjahren mit einigen Zehnmilliarden Sternen, ähnlich unserem Milchstraßensystem. Die Hauptsache jedoch wollen wir nie vergessen: Der Himmel mit Sonne, Mond und Planeten, mit seinen Fixsternen, Sternhaufen und Nebeln und dem schimmernden Band der Milchstraße umgibt unsere Erde wie in den Tagen der ersten begeisternden Entdeckungen mit dem eben erfundenen Fernrohr. Aber unsere heutigen Liebhaberfernrohre zeigen uns die kosmischen Objekte weitaus deutlicher und müheloser, als sie die Astronomen des 17. und des halben 18. Jahrhunderts in ihren unbeholfenen, langen und doch relativ lichtschwachen Rohren sehen konnten. Sollen wir uns diesen Himmel deshalb stehlen lassen, weil der unvermeidliche wissenschaftliche und technische Fortschritt Forschungsmittel entwickelt hat, die in ihrer Wirksamkeit, aber auch in ihrer Kostspieligkeit weit jenseits unserer Grenzen liegen?

In einem Punkte sind sogar unsere relativ kleinen optischen Instrumente den modernen Giganten überlegen trotz deren unbestrittenen Effektivität für die Erweiterung unseres Wissens: Während der „output“ der lichtelektrischen Apparaturen und der Radioteleskope in Galvanometerausschlägen, Kurven oder langen Zahlenreihen besteht, schlägt das visuell benutzte Fernrohr unmittelbar die Brücke vom Objekt zum Auge und dem verarbeitenden Gehirn, es bringt uns die Gegenstände anschaulich nahe.

Wir Liebhaber sind also gar nicht so weit „hinten“, wie es zunächst den Anschein hatte. Wenn wir unsere Lage sorgfältig überdenken, so zeigen sich auch heute noch Arbeitsgebiete, auf denen wir wissenschaftlich verwertbare und erwünschte Beobachtungen anstellen können.

Ehe ich ins einzelne gehe, möchte ich noch den Begriff des „Liebhaberastronomen“ definieren. Ich sehe in ihm einen Menschen, der sich mit Ausdauer und Hingabe literarisch, rechnend und beobachtend mit den Erscheinungen der Himmelskörper – im weitesten Sinne – beschäftigt und eine hohe Befriedigung in der Erweiterung seines astronomischen Wissens und in der Beobachtung der außerirdischen Objekte empfindet. Seine Beobachtungsausrüstung bestehe in einem astronomischen Fernrohr (Refraktor oder Reflektor), das möglichst paralaktisch aufgestellt sein soll. Eine Kleinbildkamera, die entweder hinter dem Fernrohr in seinem Strahlengang angebracht oder parallel zum Fernrohr auf den Fixsternhimmel gerichtet werden kann, ermöglicht neben visuellen auch photographische Beobachtungen. Die Öffnung des Fernrohrs wird für die meisten – vom Geld und den Aufstellungsmöglichkeiten her bedingt – zwischen 5 cm und 20 cm liegen; selbst ein Feldstecher dringt schon 6 bis 10 mal tiefer in den Weltraum ein als das bloße Auge.

Welche wissenschaftlich erwünschten Beobachtungen sind mit einer solchen Ausrüstung möglich?

In Frage kommen Sternbedeckungen durch den Mond. Sowohl die Bewegung des Mondes als auch das Zeitmaß, mit dem wir diese Bewegung messen (d. i. die durch die Erdrotation bestimmte Weltzeit) unterliegen kleinen, sowohl in ihrem Ablauf als auch in ihren Ursachen noch nicht restlos geklärten und berechenbaren Unregelmäßigkeiten. Zu ihrer Untersuchung sind zeitlich exakt definierte Ortsbestimmungen des Mondes in seiner Bahn nötig. Bei seinem Umlauf um die Erde bedeckt der Mond für einen bestimmten Beobachtungsort jährlich etwa 80 Sterne

bis herab zur Größe $7^m \cdot 5$, deren Positionen mit der höchstmöglichen Genauigkeit bekannt sind. Ist außerdem die Koordinatendifferenz zwischen dem Mondmittelpunkt und dem Punkt des scheinbaren Mondrandes, hinter dem der Stern verschwindet, bekannt, so ergibt eine exakte Bestimmung des Momentes des Verschwindens des Sternes zugleich eine genaue Bestimmung des Mondortes zu diesem Zeitpunkt. Zur Zeitnahme braucht man eine gute Stoppuhr ($1/10$ Sekunde) und entweder ein Chronometer oder eine gute Pendeluhr mit Sekundenschlag, die durch ein Zeitzeichen kontrolliert werden oder einen Empfänger, der ein ständig gegebenes Zeitzeichen liefert.

Die genäherten Zeiten der Sternbedeckungen werden alljährlich im „Kalender für Sternfreunde“ für Potsdam, Sonneberg, Frankfurt a. M. und München veröffentlicht und können mit einem einfachen dort gegebenen Verfahren für jeden anderen Ort im deutschen Sprachgebiet umgerechnet werden. Wenn die Beobachtungen am Jahresende an die internationale Sammelstelle (H. M. Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux Castle, Sussex, England) eingesandt werden, ist ihre wissenschaftliche Auswertung gewährleistet. Allerdings ist dazu noch unerlässlich, daß die geographische Lage des Beobachtungsortes und seine Höhe über dem Meeresspiegel sehr genau bekannt sind. Erstrebenswert ist die Bestimmung von Länge und Breite auf die Bogensekunde (± 20 bzw. ± 30 m) und der auf 20 m abgerundeten Höhe. Tragbar wäre noch eine Ortsunsicherheit von ± 100 m; eine Verschiebung um 100 m in der Ostwestrichtung bewirkt aber bereits eine Zeitdifferenz von 0.1 Sekunde, das ist die für die Zeitnahme angestrebte Genauigkeit.

Auch im System der Jupitermonde wirken himmelsmechanisch interessante Störungen des Umlaufs, die durch die Beobachtung der Verfinsterungen der Satelliten im Jupiterschatten kontrolliert werden können. Wegen des allmählichen Ein- bzw. Austritts der Monde am Rand des Schattenkegels genügt es, den Zeitpunkt des Verschwindens bzw. des Sichtbarwerdens auf die Zehntelminute zu bestimmen. Beobachtungen der Durchgänge der Monde vor der Scheibe oder ihrer Bedeckungen durch den Jupiterrand sind an den üblichen Liebhaberfernrohren nur etwa auf eine Minute genau zu beobachten. Hier liegt also eine genügend genaue Zeitbestimmung innerhalb der Möglichkeiten jedes Amateurs. Die (ohne Berücksichtigung der Störungen) berechneten Zeiten sind alljährlich in dem schon erwähnten Kalender zu finden.

Auch andere Beobachtungen an den Planeten können wissenschaftlichen Wert haben, obgleich hier eine sehr starke Konkurrenz durch die Aufnahmen mit den modernen großen Instrumenten besteht. Ein an einem klimatisch günstigen Ort aufgestelltes großes Spiegelteleskop oder ein Refraktor von 60 oder mehr cm Öffnung ist einem Amateurfernrohr in Mitteleuropa unbedingt überlegen, besonders wenn es um die systematische Verfolgung von Veränderungen geht. Trotzdem haben Künstler mit Refraktoren von 15 bzw. 20 cm Öffnung auch bei uns frapierend schöne Aufnahmen von Jupiter und Saturn erzielt. Man kann ja nie von vornherein sagen, ob eine sorgfältig ausgeführte und genau niedergeschriebene Beobachtung nicht doch einmal als erwünschtes Material für eine Untersuchung dienen kann.

Ich komme darauf zurück, möchte nur vorher noch auf die Beobachtung veränderlicher Sterne hinweisen. Zwar kann man mit den visuellen Schätzmethoden nicht die lichtelektrische Genauigkeit von $\pm 0^m \cdot 01$ bis $\pm 0^m \cdot 005$ erreichen, die man zur Bestimmung der Systemkonstanten eines Bedeckungssterns oder für den sehr geringen Lichtwechsel einiger physikalisch besonders interessanten Sternarten braucht. Es gibt aber Tausende von Sternen, die mit Amplituden von einer Größenklasse und mehr heller als 11. Größe werden können und damit in die Reichweite der Liebhaberinstrumente kommen.

Es wäre unmöglich und auch unnötig, ihren Lichtwechsel photoelektrisch zu überwachen. Bei diesen Objekten – vor allem bei den Mirasternen – geben schon gute Schätzungen nach den mehrfach beschriebenen Methoden (z. B. Rolf Müller, Kal. f. Stfr. 1962, S. 167) alle gewünschten Informationen. Für halbregelmäßige und viele unregelmäßige Veränderliche, bei denen wegen ihrer Färbung leicht systematische Fehler auftreten können, eignet sich besonders die photographische Methode (Schätzung der Schwärzung der Sternscheibchen auf dem Negativ). Bei den Mirasternen und einigen verwandten Typen beruht auch heute noch unsere Kenntnis ihres Lichtwechsels fast ausschließlich auf den Beobachtungen ausdauernder und gewissenhafter Amateure.

Ich hatte erwähnt, daß möglicherweise jede gute Beobachtung auch einmal wissenschaftlich wichtig werden kann. Auf dem Gebiet der Mond- und Planetenforschung, die den Liebhaber naturgemäß besonders anzieht, besteht diese Möglichkeit am ehesten noch für systematische, über Jahrzehnte hin durchgeführte Untersuchungen einzelner Phänomene, etwa der Wanderung des großen roten Flecks auf Jupiter oder – für größere Amateurfernrohre – den Verlauf des „Abschmelzens“ der Marspolflecken. Aber auch dann, wenn der Liebhaber der Wissenschaft nichts Neues zu bieten hoffen kann, weil die von ihm beobachtbaren Erscheinungen genügend bekannt sind und das Interesse der Wissenschaft sich auf Probleme richtet, die nur mit dem Einsatz modernster Methoden zu lösen sind, bleiben ihm doch noch unerschöpflich viele Beobachtungsmöglichkeiten, deren Auswertung ihm selbst tiefere Einsichten bringen und sein Streben nach Erkenntnis befriedigen können.

Vielleicht darf ich zum Schluß einige persönliche Erfahrungen erwähnen. Ich habe als Amateur begonnen (1916 mit einem alten Zugfernrohr) und bin auch später, als ich das Glück hatte, beruflich als Astronom an der Sternwarte Sonneberg zu arbeiten, noch Amateur geblieben.

Neben der Programmarbeit – Untersuchung des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne auf dem Sonneberger Plattenmaterial – habe ich stets die Zeit gefunden, mir die Objekte nicht nur im Plattenmikroskop, sondern auch am Himmel anzuschauen. Und neben solchen visuellen Beobachtungen, die wissenschaftlich verwertbar waren – Veränderlichenbeobachtungen, Sternbedeckungen –, habe ich mich auch mit anderen Objekten befaßt, einfach deshalb, weil sie mich interessierten und weil ich glaubte, daß eine gelegentliche Mitteilung darüber auch andere Sternfreunde interessieren würde.

Die Sonne wird an vielen bestausgerüsteten Sonnenwarten ständig überwacht. Aber warum sollte ich meine eigenen Fleckenbeobachtungen, die ich 1920 begann, nicht fortsetzen? Jetzt kann ich nach meinen eigenen Beobachtungen 5 Fleckenperioden überblicken und ihren Ablauf vergleichen, und ich habe von den letzten beiden Maxima viele gute Aufnahmen, die mir die interessanten Fleckengruppierungen jederzeit wieder in Erinnerung bringen können.

Ich wußte, daß unser 135-mm-Refraktor für Doppelsternmessungen nicht mit den Refraktoren von 500 bis 1000 mm Öffnung konkurrieren kann. Aber es reizte mich, mit unserem schönen Positionsfadenmikrometer geeignete Doppelsterne mit 2'' bis 20'' Distanz zu messen. Vielleicht haben diese im Krieg ausgeführten Messungen sogar geholfen, Lücken zu überbrücken. Aber darauf kam es mir nicht an, sondern nur darauf, durch eine geeignete Methode soweit als möglich systematische Fehler auszuschalten.

Wenn ich, was ich bis heute besonders liebe, den Mond beobachte, will ich nicht eine bisher übersehene Rille oder ein weiteres winziges Kraterchen im Inneren des Plato entdecken – was man auch kaum eine wissenschaftliche Tat nennen könnte. Mich interessiert z. B. der Wechsel der Beleuchtungsverhältnisse an der Licht-

grenze, wo die geringsten Bodenneigungen hervortreten, oder die Sichtbarkeitsverhältnisse der Strahlensysteme bei niedriger Beleuchtung, worüber in der Literatur sehr widersprüchliche Angaben existieren. Schließlich habe ich eine ganze Reihe von Berghöhen auf dem Monde gemessen, nicht um sie zu veröffentlichen, das haben schon MÄDLER und SCHMIDT getan, sondern einfach um dieses interessante Verfahren auch einmal zu üben. Eine weitere reizvolle Beschäftigung sind Aufnahmen des Mondes. Auch hier ist klar, daß diese Versuche nicht zur Erweiterung unseres Wissens vom Monde beitragen können. Doch wenn eine besonders scharfe, detailreiche Aufnahmen gelungen ist — was gar nicht so leicht zu erreichen ist — ist man vielleicht ein bißchen stolz darauf. Warum sollen wir uns diese Freude nicht gönnen?

Und wenn ich während mehrerer Erscheinungsperioden die Größe der Venusphasen schätze, so will ich damit keine kosmischen Zusammenhänge etwa zwischen Sonnenflecken und Venusatmosphäre entdecken, sondern die Beobachtungsmethode herausfinden, bei der die systematischen Fehler am kleinsten werden. Daß man dabei eine Vorstellung vom Wechsel dieser Phasen bekommt, die einem keine Beschreibung und keine Photographie vermitteln kann, ist ein zusätzlicher, wenn auch zunächst rein persönlicher Gewinn.

Was ich damit illustrieren wollte, ist dies: Liebhaberastronomie ist eine Freizeitbeschäftigung, keine Produktionsarbeit, die ein Soll erfüllen muß. Sie entspringt der Neigung des Amateurs und dient seiner Erholung und Entspannung, bringt andere Seiten seines Wesens zur Entfaltung als seine Berufsarbeit und bereichert damit sein Erleben und seine Persönlichkeit. Liebhaberastronomen sind fast ohne Ausnahme ausgesprochen kontaktfreudig und stets bereit, mit Gleichgesinnten Erfahrungen auszutauschen und sich gegenseitig zu helfen. Diese Aufgeschlossenheit kann sich auch in ihren übrigen gesellschaftlichen Beziehungen und in ihrer Berufsarbeit nur förderlich auswirken. Hoffen wir, daß ein fesselnder und lebendiger Astronomieunterricht bei vielen aufgeschlossenen jungen Menschen das Interesse an unserer schönen Wissenschaft weckt.

Erfahrungen aus der Fachgruppenarbeit

Ing. Hans-Joachim BLASBERG

Vorsitzender des Bezirksfachausschusses Astronomie, Dresden

Im Perspektivplan des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes werden die sinnvolle populärbildende und amateur-wissenschaftliche Freizeitgestaltung als Grundaufgaben der Fachgruppen Astronomie genannt. Es sind dies gleichzeitig die Aufgaben, für die ein Bezirksfachausschuß (BFA) anleitend in den Fachgruppen wirken muß. Voraussetzung ist das Vorhandensein von Fachgruppen. Diese lassen sich aber nicht einfach „errichten“ oder gründen, sondern sie müssen sich aus dem Kreis von astronomiebegeisterten Interessenten entwickeln. Selbstverständlich können solche Bestrebungen durch Vorträge, Ausstellungen und durch gute Beispiele in anderen Orten gefördert werden. Hierbei unterstützend mitzuwirken ist schon eine Aufgabe des BFA.

Meist finden sich interessierte Sternfreunde zum Erfahrungsaustausch zusammen und suchen nach Möglichkeiten, ihr astronomisches Wissen zu erweitern. Sie bilden eine Fachgruppe oder Interessengemeinschaft und veranstalten regelmäßig Fachgruppenabende. Oft geht dieser erste Schritt von einem besonders begeisterten Sternfreund aus, und leider nicht selten steht und fällt der Zusammenhalt der

Fachgruppe mit diesem „Leiter“. Oft ist es auch der Wunsch, eine Volkssternwarte zu errichten, der zur Bildung einer Fachgruppe führt, wobei die Arbeit an dem gemeinsamen Vorhaben die Sternfreunde zusammenführt und eine Gemeinschaft zusammenwächst, die schließlich das Erreichte auch mit Leben erfüllt und erhält. Nur wenn das echte Bedürfnis, das Interesse und die Begeisterung für die Himmelskunde vorliegen, wird es zu einer beständigen und erfolgreichen Fachgruppenarbeit kommen. Wie erfolgreich eine Fachgruppe dann wirkt, hängt auch davon ab, wie es ihr gelingt, die Wünsche und Erwartungen ihrer Mitglieder zu befriedigen und wie sie durch ständige Anregung und Anleitung die Freude zur Mitarbeit bei den Freunden weckt und erhält.

Zwei Neigungen sind meist der Anlaß zur Beschäftigung mit der Astronomie. Die einen haben Freude am Wissen um die Erkenntnisse und Einsichten und am Wissen um die Forschungsprobleme der Astronomie. Andere wünschen darüber hinaus, gelegentlich oder ständig die Himmelskörper und Himmelsereignisse zu beobachten. Daraus ergibt sich zwangsläufig der Wunsch, Beobachtungsgeräte anzuschaffen oder die Notwendigkeit, solche Geräte und Hilfseinrichtungen selbst zu bauen. Die Fachgruppenarbeit muß diesen Neigungen gleichermaßen gerecht werden.

Für die allgemein-volksbildende Tätigkeit ist eine Verbindung zur Urania gut, die populärwissenschaftliche Vorträge auch über Astronomie veranstaltet. In den Fachgruppen sollten die besonderen Themen nach den Wünschen der Fachgruppenmitglieder behandelt werden. Trotzdem ist es wichtig, daß die Vorträge und Zusammenkünfte der Fachgruppe so gestaltet werden, daß sie jederzeit auch von Interessenten besucht werden können, die nicht Mitglieder der Fachgruppe sind. Das bezieht sich auf den Inhalt und die verständliche Darstellung des gebotenen Stoffes, wie auch auf die organisatorische Vorbereitung, also das öffentliche Bekanntmachen der Veranstaltung, die in einem der Öffentlichkeit zugänglichen Raum stattfinden muß. Steht der Fachgruppe eine Volks- oder Schulsternwarte zur Nutzung zur Verfügung, so ist dies sicher der geeignete Ort für die Veranstaltung, vorausgesetzt zur Sternwarte gehören geeignete Räume. Sonst bieten sich zum Beispiel die Klubhäuser dafür an. Bedeutungsvoll ist es, daß die Fachgruppenabende unbedingt öffentlich durchgeführt werden. Dadurch wird die Fachgruppe einmal in der Bevölkerung wirksam und erfüllt damit eine wichtige Aufgabe des Kulturbundes. Zum anderen ist dies zum eigenen Nutzen der Gruppe, weil aus dem Besucherkreis neue Mitglieder gewonnen werden können.

Themen für die Fachgruppenabende ergeben sich aus dem Grundlagenwissen, den Forschungsergebnissen und aus der beobachtenden Astronomie sowie beim Auswerten von Zeitschriften. Durch die Zusammensetzung der Fachgruppenmitglieder aus den verschiedensten Berufen finden sich sicherlich geeignete Referenten für die verschiedenen Stoffgebiete.

Über den Rahmen der Interessengemeinschaft hinaus wirkt eine Fachgruppe in jedem Fall, wenn sie eine Volks- oder Schulsternwarte zu betreuen hat. Durch die öffentlichen Beobachtungen ist sie in die allgemeine volksbildende Tätigkeit einbezogen. Dazu gehören auch die Ausgestaltung von Jugendweihestunden, die Unterstützung des Astronomieunterrichtes und der außerschulischen Arbeitsgemeinschaften. Auch hierin liegt eine bedeutungsvolle gesellschaftliche Aufgabe, der sich die Fachgruppen verpflichtet fühlen müssen.

Ein weiteres Anliegen der Fachgruppenarbeit sollte es sein, die selbständige Betätigung der Sternfreunde zu fördern. Es hat sich bewährt, in jedem Fachgruppenabend genügend Zeit zum Erfahrungsaustausch und zur Anleitung der Beobachter vorzusehen. Dies ist besonders anregend, wenn bereits aktive Beobachter tätig sind. Der Erfahrungsaustausch über die Beobachtungsmethoden, die Ergebnisse und das gegenseitige Unterstützen fördern nicht nur die Betätigung,

sondern regen auch weitere Freunde an, sich an den Beobachtungen zu beteiligen. Dazu gehören auch die Anleitung zum Bau von Instrumenten und die Anleitung zur praktischen Beobachtung bestimmter Objekte. Dies kann schließlich zu einer beständigen und systematischen Beobachtungstätigkeit mit auswertbaren Ergebnissen führen.

Im allgemeinen kann der Liebhaber mit seinen Möglichkeiten keine neuen Entdeckungen machen oder neue Erkenntnisse gewinnen, obwohl auch heute noch vereinzelt Liebhaber Kometen oder Novae auffinden. Aber das ist ja gar nicht der Sinn der Amateurbeobachtung. Sie benutzen ihre Geräte zunächst hauptsächlich zur eigenen Freude und zum eigenen Gewinn. Es geht aber darum, diese Freude beim Benutzen des Gerätes zu erhalten. Das erreicht man zum Beispiel dadurch, daß man mit der Zeit nicht mehr nur am Himmel spazieren sieht, sondern zielgerichtete Beobachtungen anstellt. So kann man systematisch Doppelsterne aufsuchen, prüft dabei zwangsläufig die Leistungsfähigkeit seines Instrumentes und übt seine eigene Beobachtungskunst. Oder man sucht einmal die Nebel und Sternhaufen auf. Oder man vergleicht sorgfältig das im Fernrohr erkennbare Monddetail mit einer Mondkarte oder Mondaufnahme. Eine solche Beschäftigung ist keine wissenschaftliche Beobachtung und doch schon sehr viel mehr als nur „Spazierensehen“. Es bietet Stunden erholender Freude am Fernrohr. Außerdem bekommt der Beobachter dabei große Übung im geschickten Handhaben seines Instrumentes, im Gebrauch von Sternkarten und Hilfstafeln, und er erzieht sich zur sorgfältigen, kritischen Beobachtung. Es ist dann kein weiter Schritt mehr zu einer regelmäßigen Beobachtungstätigkeit. Wenn man Sternbedeckungen durch den Mond beobachtet, ist es keine zusätzliche Mühe, die Zeit der Bedeckung mit Hilfe einer kontrollierten Uhr oder mit dem Funkzeitzeichen genau zu bestimmen. Oder wenn man ohnehin Jupiter beobachtet, sollte man doch versuchen, die erkennbaren Einzelheiten der Oberfläche in einer Zeichnung darzustellen. Sicher wird man dabei auch gelegentlich den Großen Roten Fleck „entdecken“, und warum sollte man nicht die Zeit bestimmen, zu der dem Beobachter der Fleck gerade in der Mitte der Planetenscheibe erscheint? Damit ist aber eine Vermessung der Position des Großen Roten Fleckes gemacht! Eine ständige neue Entdeckerfreude erlebt der Beobachter von veränderlichen Sternen, weil er nie genau weiß, in welcher Helligkeit er den Stern antreffen wird. Dies alles sind Möglichkeiten, sich selbst die Freude am Beobachten zu erhöhen und den Anreiz zur Benutzung des Instrumentes zu erhalten.

Bestimmte regelmäßige und zuverlässige Beobachtungen können schließlich auch für Fachsternwarten nützlich sein. Es gibt verschiedene Beobachtungsaufgaben, bei denen die Mitarbeit der Liebhaber sehr erwünscht ist. Dabei liegt der Wert für die Fachsternwarten aber meist gerade in einer regelmäßigen Beobachtung über längere Zeit. Wenn der Liebhaber Freude an einer solchen Betätigung gefunden hat, hat er den höchsten Schritt zur Amateurbeobachtung getan. Diese ist dann allerdings, eben wegen der notwendigen Regelmäßigkeit, mit gewissen Opfern an Zeit, Nachtruhe und mit anderen persönlichen Einschränkungen verbunden. Aber ähnliche Opfer fordern alle Arten von Liebhabereien.

Anerkennung und zugleich neuen Auftrieb für die Arbeit des einzelnen Sternfreundes wie auch einer Beobachtergemeinschaft gibt die nützliche Verwertung der Beobachtungsergebnisse. Die Dresdener Fachgruppe beobachtet seit Jahren regelmäßig die Sonne, Sternbedeckungen, die Venusdichotomie, den Großen Roten Fleck auf Jupiter und veränderliche Sterne. Die Beobachtungsergebnisse werden für die Sonne nach Zürich, für die Sternbedeckungen nach Greenwich und für die veränderlichen Sterne nach Sonneberg gemeldet. Die Ergebnisse der Venusdichotomie und die Positionsbestimmungen des Großen Roten Fleckes wurden in der Zeitschrift „Die Sterne“ veröffentlicht. Daraus ergeben sich gute und teils

freundschaftliche Verbindungen zu den Fachsternwarten, die sich sehr fördernd auf unsere Amateurarbeit auswirken, weil wir in dankenswerter Weise durch Anleitung und andere großzügige Hilfe von den Instituten und ihren Mitarbeitern unterstützt werden. Wir Dresdener Freunde haben ganz besonders den Leitern und Mitarbeitern der Sternwarte Sonneberg und des Lohrmann-Observatoriums der TU Dresden zu danken, die in vielfältiger Weise unsere Fachgruppenarbeit und die beobachtenden Freunde unterstützen und fördern.

Die Aufgaben des Bezirksfachausschusses, der sich zweckmäßig aus je einem Vertreter der örtlichen Fachgruppen zusammensetzt, erfordern es, die Fachgruppen anzuregen und anzuleiten, damit gesellschaftliche und astronomische Ereignisse für die Fachgruppenarbeit ausgewertet werden, Anleitung und Hilfsmittel für die Beobachtungstätigkeit zu vermitteln und besondere Himmelserscheinungen wie Kometen oder Novae mitzuteilen. Ein weiteres wichtiges Anliegen des BFA sollte es sein, etwa jährlich bezirkliche Treffen der Fachgruppen und Sternfreunde zu veranstalten. Solche Bezirkstagungen bieten Gelegenheit für den Erfahrungsaustausch über die Fachgruppen hinaus, fördern das Kennenlernen der Sternfreunde untereinander und ermöglichen, vor einem großen Teilnehmerkreis neue Erkenntnisse der astronomischen Forschung sowie Beobachtungsanleitungen zu vermitteln. Bei den seit einigen Jahren im Bezirk Dresden regelmäßig durchgeführten Tagungen hat es sich bewährt, jeweils ein abgegrenztes Teilgebiet der Astronomie zu behandeln. Dieses Teilgebiet wird in einem Hauptvortrag über den gegenwärtigen Stand der Forschung behandelt. Im zweiten Teil werden die Beobachtungsmöglichkeiten des Liebhabers erläutert, und in einem dritten Teil folgen die Anleitungen für die praktische Beobachtung einschließlich der Hinweise über die instrumentellen Hilfsmittel. Diese Gliederung des Tagungsablaufes hat sich bisher gut bewährt, weil das abgegrenzte Thema umfassend für alle Belange des Sternfreundes behandelt wird. Der Hauptvortrag dient der Wissensvermittlung und Wissenserweiterung, während der übrige Teil der Tagung der praktischen Betätigung in den Fachgruppen oder des Beobachters gilt. Der Hauptvortrag wird daher möglichst einem für das Teilgebiet zuständigen Fachastronomen übertragen und die übrigen Vorträge von den Praktikern aus dem Kreis der Sternfreunde des Bezirkes gestaltet.

Tagungsthemen in Dresden waren bisher zum Beispiel „Die Spektralanalyse in der astronomischen Forschung“, „Astrometrie“, „Die Sonne“, „Philosophische Probleme in der Astronomie“, „Die großen Planeten“. Weitere Themen werden sein „Astrophotographie“, „Veränderliche Sterne“, „Interstellare Materie“, „Doppelsterne“, „Galaktische Nebel und Sternhaufen“, „Die kleinen Planeten“. Der Stoff genügt für mehrere Bezirkstagungen. Für das Bedürfnis und den Zuspruch solcher Treffen sprechen die beständigen Besucherzahlen von durchschnittlich 100 Teilnehmern bei unseren Dresdener Tagungen. Der Erfahrungsaustausch ist immer so rege, daß die Zeit dafür nicht ausreicht. Es ist deshalb der Hinweis wichtig, in dem Tagungsablauf genügend Zeit für den persönlichen Austausch der Freunde von vornherein vorzusehen. Nicht zuviel Vorträge, nicht zu lange Vorträge und viel Zeit für die Diskussion und den Erfahrungsaustausch nach den Vorträgen. Mit ein Hauptanliegen dieser Treffen soll ja gerade der persönliche Kontakt und die freundschaftliche Verbindung der Sternfreunde untereinander sein. Es darf wohl festgestellt werden, daß die Fachgruppen und Sternfreunde im Bezirk Dresden durch die regelmäßigen Treffen zu einer echten und herzlichen bezirklichen Gemeinschaft zusammengewachsen sind.

Die Ausführungen enthalten die langjährigen Erfahrungen aus der Fachgruppenarbeit in Dresden und im Bezirk Dresden. Sicherlich stimmen sie in vielem mit denen in anderen Bezirken überein. Vielleicht aber enthalten sie auch helfende Hinweise und regen zu einem überbezirklichen Erfahrungsaustausch an.



Am Beginn des zweiten Dezenniums des politischen, wirtschaftlichen und kulturell-wissenschaftlichen Erstarkens der DDR wurde die Deutsche Astronautische Gesellschaft gegründet. Der Wissenschaftliche Sekretär der Gesellschaft informiert hier über die erfolgreiche Entwicklung der DAG.

Die Entwicklung der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

HERBERT PFAFFE

Vor dem Start des ersten Sputniks war Interesse für die zu erwartende Raumfahrt in erster Linie in den astronomisch interessierten Kreisen zu finden.

Das Informationsbedürfnis auf dem Gebiete der Astronautik wuchs sprunghaft, nachdem die Sowjetunion am 4. Oktober 1957 den ersten künstlichen Erdsatelliten auf eine Orbitalbahn gebracht hatte. Dieses Interesse ging nicht nur von interessierten Laien, sondern auch von vielen Wissenschaftlern, wissenschaftlich qualifizierten Technikern, Ingenieuren und Lehrern aus, die eine laufende Information auf wissenschaftlicher Grundlage forderten.

Um die an einer wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiet der Raumfahrtforschung interessierten Einzelpersonen und Institutionen der DDR zusammenzuführen, die Arbeit auf diesem Gebiet zu fördern und zu koordinieren und um dem allgemeinen Bedürfnis nach Information auf diesem Gebiet gerecht zu werden, wurde am 22. Juni 1960 die Deutsche Astronautische Gesellschaft gegründet. Ihre Ziele und Aufgaben sind im § 2 ihres Statuts festgelegt:

1. Die Gesellschaft stellt sich die Aufgabe, die friedliche Erforschung und Nutzung des Weltraums zu fördern, zur internationalen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet beizutragen und Kenntnisse über die friedliche Weltraumforschung zu vermitteln; sie wird breiteste Kreise der Bevölkerung mit den Grundlagen und den jeweils neuesten Ergebnissen von Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiet bekannt machen.
2. Daraus ergeben sich folgende Aufgaben: Anregung, Förderung und Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten, die den astronautischen Problemen gewidmet sind, Durchführung wissenschaftlicher Tagungen und Diskussionen, internationale Zusammenarbeit und Materialaustausch mit anderen Gesellschaften, die ebenfalls die Ziele friedlicher wissenschaftlicher Arbeit verfolgen.

Erschließung der internationalen wissenschaftlichen Dokumentation und Verbreitung von Informationen über Raketentechnik und Astronautik durch Herausgabe eigener Publikationen.

Die wichtigsten Publikationen unserer Gesellschaft sind die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ (in Zusammenarbeit mit dem Zentralen Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes herausgegeben) und die „Schnellinformationen“, die über die aktuellen Ereignisse berichten.

Die Deutsche Astronautische Gesellschaft wurde am 11. 8. 1960 durch den Minister des Innern bestätigt. Auf dem XI. Internationalen Astronautischen Kongreß, der 1960 in Stockholm stattfand, wurde die DAG als vollstimmberechtigtes Mitglied in die internationale Dachorganisation, die Internationale Astronautische Föderation, aufgenommen.

Seitdem hat die DAG, vertreten durch den Präsidenten und andere Mitglieder des Präsidiums, an allen jährlich stattfindenden internationalen astronautischen Kongressen teilgenommen, soweit nicht Behinderungen durch das Allied Travel Office in Westberlin bestanden. Die Vertreter der Gesellschaft haben in der Folgezeit an den Kongressen in Varna, Warschau, Madrid, Belgrad und New York teilgenommen. Mitgliederversammlungen, nationale Kongresse, Symposien und wissenschaftliche Vortragsveranstaltungen waren die Orte, an denen die Ergebnisse der internationalen Konferenzen, die für die vergangene und zukünftige Raumfahrtentwicklung Meilensteine setzen, ausgewertet wurden.

In diesem Jahr wurde am 27. Juni in der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow eine solche Konferenz durchgeführt. Auf ihrer Tagesordnung standen: Bericht über den XIX. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation 1968 in New York von Dr. E. Hollax,

Berichte über die UNO-Weltraumkonferenz 1968 in Wien und über die COSPAR-Tagung 1969 in Prag von K. H. Neumann sowie ein Abendvortrag über „Orbitalstationen und Mond als künftige Forschungsstätten im All“ von H. Pfaffe.

Sehr günstig hat sich bis zur Gegenwart die Entwicklung der Funktechnischen Satellitenbeobachtungsstation der Gesellschaft gezeigt. Die hauptsächlich wissenschaftliche Arbeit dieser Station bestand bisher in dem Signalempfang der sowjetischen Kosmos-Satelliten, die im Frequenzbereich von 19,995 MHz arbeiten. Auf Grund einer Aussprache über die wissenschaftliche Auswertung dieser Beobachtungen mit Prof. Schmelowsky und Herrn Bischoff vom Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften wurde vereinbart, nach Zusammenhängen der Signalempfangsbedingungen mit der Sonnenaktivität zu suchen. Die Station ist im Verzeichnis der Internationalen Kommission für Raumforschung (COSPAR-Committee on Space Research) als funktechnische Satellitenbeobachtungsstation registriert.

Eine nicht unwesentliche Aufgabe auf dem Gebiete der Öffentlichkeitsarbeit ist die Unterstützung aller Bildungseinrichtungen der DDR durch wissenschaftliche Beratungen auf dem Gebiete der Astronautik und Raketentechnik, die sich in den Jahren der Entwicklung der Deutschen Astronautischen Gesellschaft in einer ständigen Verbesserung der astronautischen Information durch unsere Massenmedien ausgedrückt hat.

Wenn auch in der DDR keine eigene aktive Raumfahrt betrieben wird, so ist die Bedeutung der DAG für die theoretische Beschäftigung mit diesem Gebiet wie für die Vermittlung besonders der Ergebnisse der sowjetischen Raumfahrt nicht zu übersehen. Das gilt insbesondere aber auch für die Ziele der praktischen astronomisch-astronautisch-technischen Zusammenarbeit mit den befreundeten sozialistischen Ländern, wie sie sich durch die Mitarbeit der DDR an den Startvorbereitungen des am 14. Oktober 1969 gestarteten Erdsatelliten „Interkosmos 1“ dokumentiert hat.

Perspektivplan des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Fachgruppen Astronomie des Deutschen Kulturbundes erfassen mit ihrer Arbeit alle an der Astronomie Interessierten und sind bemüht, ihre Mitglieder und die Gäste ihrer Veranstaltungen zu einer sinnvollen amateur-wissenschaftlichen oder populär-bildenden Freizeitgestaltung zu führen. Der Zentrale Fachausschuß ist den beiden Bereichen der Fachgruppenarbeit in gleicher Weise verpflichtet.

Daraus ergeben sich für die Perspektivplanung des Zentralen Fachausschusses Astronomie die folgenden Hauptaufgaben.

1. Der ZFA leitet die Fachgruppen in geeigneter Weise dazu an, sich gründlich mit den philosophisch-weltanschaulichen Erkenntnissen und Einsichten zu beschäftigen, die sich aus dem wissenschaftlichen astronomischen Weltbild bzw. den ihm zugrunde liegenden Forschungsergebnissen ergeben.
2. Der ZFA organisiert und verbessert ständig die Zusammenarbeit und den Erfahrungsaustausch zwischen den beobachtenden Amateuren. Er gibt durch regelmäßige Mitteilungen (Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“, Schnellnachrichten) Hinweise und Anleitung für die Beobachtung astronomischer Ereignisse. Ziel ist, die Zahl der wissenschaftlich arbeitenden Amateure zu vergrößern und die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ erheblich stärker als bisher auch für die Mitteilung von Beobachtungsergebnissen zu nutzen.
3. Der ZFA organisiert in größeren Abständen zentrale Tagungen der Fachgruppen und Amateure, in kleineren Abständen zentrale Seminare für die Qualifikation der aktiv arbeitenden Mitglieder.
4. Die Herausgabe eines Handbuchs für die amateurastronomische Arbeit bleibt weiterhin eine wichtige Aufgabe des ZFA.
5. Die volksbildende Arbeit wird als wichtige Komponente der Tätigkeit der Fachgruppen Astronomie angesehen. Besonderen Vorrang hat dabei die Arbeit mit den Schulen. Im Hinblick auf den vom Schuljahr 1971/72 an geltenden neuen Lehrplan für das Fach Astronomie (Polytechnische Oberschule, Klasse 10) sind bis 1971 umfangreiche Vorarbeiten zu leisten, damit sich alle Fachgruppen Astronomie mit hohem Wirkungsgrad für die Schulastronomie einsetzen können. Besondere Bedeutung kommt einer gemeinsamen Tagung von Schulastronomen, Schulfunktionären und Amateurastronomen zu, die für das Jahr 1970 zu planen ist.
6. Der ZFA Astronomie strebt offizielle Kontakte zu den Amateurorganisationen der befreundeten Länder an und ist bemüht, auch mit den Schulastronomen dieser Länder ins Gespräch zu kommen. Im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten hilft der ZFA bei der Vermittlung astronomischer Literatur.
7. Zur Förderung der Amateurtätigkeit erarbeitet der ZFA Hilfsmaterialien für die Fachgruppen. Die Durchführung von Beobachtungskursen soll das Interesse des Nachwuchses für die Fachgruppenarbeit wecken und auf eine Erweiterung des Mitgliederstandes hinwirken. Weiterhin ist der Bildung von Fachgruppen an Schulsternwarten große Aufmerksamkeit zu schenken.

Dieser Plan wurde am 28. 5. 1969 vom ZFA Astronomie beschlossen.

gez. Dr. KLAUS LINDNER
Vorsitzender des ZFA Astronomie

Astronomie und Raumfahrt

101
27.2.72



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Methoden zur Entfernungsbestimmung von Fixsternen · Dr. <i>Siegfried Marx</i>	133
Aufgaben und Organisationsformen für astronomische Schülerbeobachtungen Dr. <i>Klaus Lindner</i>	140
Aus einem Ausstellungsbericht der Fachgruppe Thal des Deutschen Kulturbundes	143
Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Berichte vom XIX. IAF-Kongreß 1968 in New York. Systeme zur Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen in Raumflugkörpern für die 2. Dekade der bemannten Raumfahrt · Dr. <i>E. Hollax</i>	144
Bildteil	
Beobachtung der Sonnenfinsternis am 22. September 1968 in Eisenhüttenstadt — Fotos von der Ausstellung der Fachgruppe Thal — Kosmosatelliten	147—150
Aus der Literatur	
Die nächsten Merkurdurchgänge — Sternbedeckung durch Neptun	158
Fernmeldesatellit „Symphonie“: Starttermin erst nach der Olympiade	159
Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1968 · <i>Karl-Heinz Neumann</i>	159
Westdeutschland beantragt Frequenznutzung für Satelliten — Buchbesprechung: Taschenatlas der Sternbilder	3. Umschlagseite

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: *Herbert Pffaffe* (Chefredakteur); *Prof. Dr. Joh. Hoppe*; *Dr. Siegfried Marx*; *OMR Dr. Karl Sigmund*; *Karl-Heinz Neumann*; *Heinz Mielke*; *Artur Hockauf* (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1969 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Methoden zur Entfernungsbestimmung von Fixsternen

Dr. SIEGFRIED MARX

Eine Grundlage für den Erwerb unseres Wissens über den Aufbau unseres Sternsystems, aber auch über den räumlichen Aufbau der heute überblickbaren Welt überhaupt, war die ständige Entwicklung und Verbesserung der Entfernungsbestimmungsmethoden. Es gibt heute Methoden, die in Bezug auf die Reichweite in den Raum nur begrenzt anwendbar sind, andere sind nur in ganz speziellen Fällen verwendbar, wieder andere Methoden liefern nur mittlere Entfernungen für Sterngruppen, die nach ganz bestimmten Gesichtspunkten ausgewählt werden, und es gibt auch solche, die nur als Schätzmethoden angesprochen werden können. Wenn man die letzteren trotzdem verwendet, dann nur deshalb, weil alle Methoden, die exaktere Resultate geben könnten, hier vollkommen versagen. Die verschiedenen entwickelten Methoden sind keineswegs alle unabhängig voneinander, denn einige bedürfen der Eichung durch andere. Insgesamt muß man sagen, daß die Auswahl der Methode sehr vom Objekt abhängt, dessen Entfernung man bestimmen will. Eine falsch gewählte Methode — z. B. Überforderung der Leistungsfähigkeit der Methode — kann zu vollkommen falschen Aussagen führen.

Grundsätzlich unterscheidet man primäre oder absolute Methoden und sekundäre oder relative Methoden. Die primären Methoden, dazu gehört die trigonometrische Entfernungsbestimmung, erlauben die Abstandsberechnung eines Sternes oder einer Sterngruppe ohne die Kenntnis der Entfernung anderer Sterne. Bei den sekundären oder relativen Methoden, zu denen in erster Linie die photometrische Entfernungsbestimmung gehört, muß man, um sie anwenden zu können, bereits die Kenntnis der Entfernung anderer als der zu vermessenden Sterne als Voraussetzung haben.

1. Primäre oder absolute Methoden

1.1. Trigonometrische Parallaxen

Diese Methode ist zwar nicht weit in den Raum hinein anwendbar, sie ist aber von sehr großer Bedeutung, da sie vollkommen frei von irgendwelchen Hypothesen ist. Sie beruht auf der jährlichen Parallaxe der Fixsterne. Unter der Parallaxe versteht man den Winkel zwischen zwei von verschiedenen Standorten zu ein und demselben Punkt (Stern) gerichteten Geraden. Bei Konstanz des Abstandes der beiden Standorte, d. h. bei Beibehaltung der Basislänge, ist die Parallaxe von der Entfernung des Punktes von der Basis abhängig und darum ein Maß für die Entfernung. Das bedeutet, daß die Parallaxenmessung gleichbedeutend mit der Entfernungsbestimmung ist.

Die Basislinie der trigonometrischen Parallaxe ist der Durchmesser der Erdbahn um die Sonne (s. Abb. 1). Damit ist eine exakte Kenntnis des Abstandes Erde—Sonne eine wichtige Grundlage für die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung im Weltraum überhaupt. Diese Strecke, die Astronomische Einheit, ist $149,6 \cdot 10^6$ km.

Auf Grund der Bewegung der Erde um die Sonne scheinen die Sterne an der Sphäre eine parallaktische Ellipse zu beschreiben. Man bestimmt die parallaktische Bewegung heller Sterne (helle Sterne sind wahrscheinlich nahe Sterne) relativ zu benachbarten lichtschwachen Sternen (lichtschwache Sterne als wahrscheinlich sehr weit entfernte Objekte und daher mit verschwindend kleiner parallaktischer Bewegung). Aus der Abbildung 1 kann man die einfache trigonometrische Beziehung erkennen:

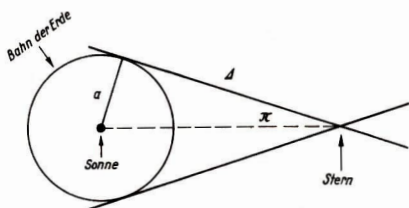


Abb. 1

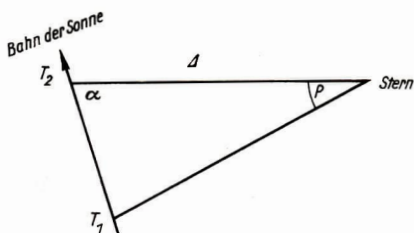


Abb. 2

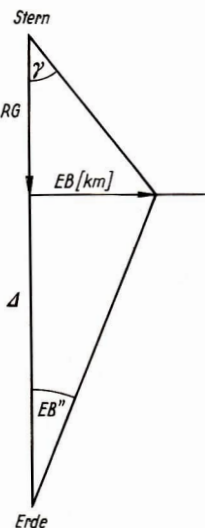


Abb. 3

Abb. 4

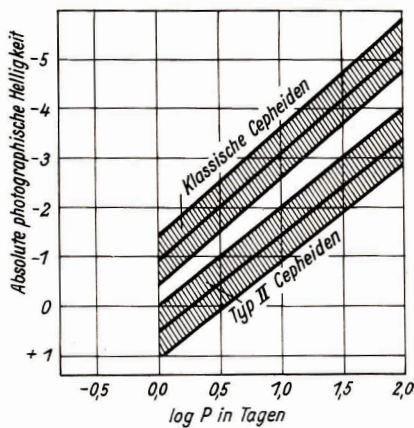
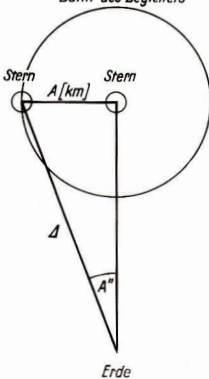


Abb. 5

Bahn des Begleiters



$$\sin \pi = \frac{d \text{ [km]}}{\Delta \text{ [km]}} \quad (1)$$

a ist die große Halbachse der Erdbahn, Δ die Sternentfernung. Da π immer ein kleiner Winkel ist, kann man schreiben:

$$\pi'' = 206\,265 \frac{a \text{ [km]}}{\Delta \text{ [km]}} \quad (2)$$

206 265 ist die Zahl der Bogensekunden bezogen auf den Radius.

Die Entfernung, aus der der Erdbahnhalmesser unter dem Winkel von einer Bogensekunde gesehen wird, nennt man eine Parallaxensekunde (1 Parsec = 1 pc). Setzt man diese Längeneinheit in die Beziehung (2) ein, erhält man

$$\pi'' = \frac{1}{\Delta \text{ [pc]}} \quad (3)$$

Die maximale Entfernung, bis zu der man mit dieser Methode arbeiten kann, hängt, da die Basislänge mit $149,6 \cdot 10^6$ km festliegt, von der Genauigkeit ab, mit der man Winkel (Parallaxen) messen kann. Die Beobachtungen werden mit langbrennweitigen Fernrohren auf photographischem Wege gewonnen. Der wirkliche mittlere Fehler einer trigonometrischen Parallaxe beträgt $\pm 0,03$ Bogensekunden.

Man findet des öfteren trigonometrische Parallaxen von weniger als $0,03$; bei diesen ist dann aber Vorsicht am Platze. Danach kann man sagen, daß die Methode der trigonometrischen Parallaxen bis in eine Entfernung von etwa 30 pc mit guter Sicherheit Anwendung finden kann.

Die Bestimmung der ersten Fixsternparallaxe, d. h. der Nachweis der Widerspiegelung der Erdbewegung um die Sonne in der parallaktischen Bewegung eines Fixsternes, war von entscheidender Bedeutung für die endgültige Durchsetzung der Kopernikanischen Theorie vom Aufbau unseres Planetensystems. Der Erfolg der ersten Parallaxenmessung gelang Bessel 1838, etwa 300 Jahre nach der Verkündung des heliozentrischen Weltbildes durch Kopernikus. Bessel bestimmte für 61 Cygni eine Parallaxe von 0,3136 Bogensekunden. Die größte Parallaxe hat der Stern Proxima Centauri mit 0,765, entsprechend 1,31 pc. Während man im Jahre 1900 erst 150 Parallaxen kannte, sind es heute schon weit über 6000.

1.2. Säkulare Parallaxen

Die Ursache für die „geringe“ Reichweite der trigonometrischen Parallaxe ist die „geringe“ Länge der Basislinie von etwa $150 \cdot 10^6$ km. Um weiter in den Raum hinein zu messen, wäre eine längere Basis notwendig. Diese liefert uns die Sonne durch ihre galaktische Bewegung. Das Zentralgestirn unseres Planetensystems bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 19,5 km/s auf den Punkt $\alpha = 18^h$ und $\delta = 30^\circ$ zu. Dieser Apexpunkt liegt etwa 10° südwestlich von Wega. Das bedeutet, daß von der Sonne in einem Jahr die Strecke des 4-fachen Erdbahnhalmessers zurückgelegt wird. Diese Sonnenbewegung spiegelt sich in einer entgegengesetzt gerichteten scheinbaren Bewegung der Sterne wieder.

Die Schwierigkeit liegt nur darin, daß die Sterne außer dieser systematischen Bewegung eine individuelle Eigenbewegung haben, und man die beiden Bewegungskomponenten nicht trennen kann. Man kann aber annehmen, daß in einer sinnvoll ausgewählten Gruppe von Sternen (alle Sterne müssen z. B. ungefähr die gleiche Entfernung haben) die individuellen Eigenbewegungen nach Richtung und Größe eine zufällige Verteilung besitzen. Das Mittel aller individuellen Eigenbewegungen wird dann null sein und die systematische Bewegung als Folge der

Apexbewegung der Sonne nur noch für die Gruppe übrigbleiben. Aus der Abbildung 2 kann man dann leicht die Beziehung zur Berechnung der mittleren Entfernung für die Gruppe erkennen:

$$\bar{A} = \vartheta_{\odot} (T_2 - T_1) \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin p} \quad (4)$$

$\bar{A}$ ist die mittlere Entfernung der Gruppe, $V_{\odot}$ die Geschwindigkeit der Sonne, T_1 und T_2 die Zeitpunkte der Beobachtung, α der Winkel zwischen der Blickrichtung zum Apex und zum Schwerpunkt der Sterngruppe und p die säkulare Eigenbewegung infolge der Sonnenbewegung.

Die Reichweite dieser Methode ist entscheidend abhängig von der Größe der Zeitdifferenz ($T_2 - T_1$), durch die die Basislänge ja immer mehr vergrößert wird. Fehler kommen im wesentlichen dadurch zustande, daß man die Forderung $\sum EB$ (individuell) = 0 nicht exakt erfüllen kann.

1.3. Sternstromparallaxen

Diese Bestimmungsverfahren ist auch eine geometrische. Auf sie wurde erstmals von L. Boss hingewiesen. Sie ist leistungsfähiger als die unter 1.1., d. h. man kann mit ihr größere Entfernungen beobachten. Dafür ist diese Methode aber nur auf spezielle Objekte anwendbar. Wie der Name schon sagt, kann man nur die Entfernung von Mitgliedern von Bewegungssternhaufen bestimmen. Bei statischen Untersuchungen der Eigenbewegungen der Fixsterne fielen einzelne Vorzugsrichtungen auf, d. h. zahlreiche Sterne streben in ihrer Bewegung einem gemeinsamen Vertex (Fluchtpunkt, Zielpunkt) zu. Die Mitglieder von Bewegungssternhaufen stehen an der Sphäre nicht eng beieinander wie Mitglieder von offenen Sternhaufen, sondern sind über große Teile des Himmels verteilt. Der Unterschied zwischen offenen Sternhaufen und Bewegungssternhaufen ist, daß der Auflösungsprozeß bei den letzteren weiter fortgeschritten ist. Bekannte Bewegungssternhaufen sind der Hyadenhaufen (180 Mitglieder, 18 pc Durchmesser), die Plejaden (160 Mitglieder, 5,3 pc Durchmesser) und der Ursa-major-Haufen (126 Mitglieder, etwa 150 pc Durchmesser).

Bei Bewegungssternhaufen ist es möglich, die tangentielle Komponente der Stromgeschwindigkeit, die Eigenbewegung (EB) in Bogensekunden pro Jahr zu beobachten, aber diese auch in linearem Maß, also in km/s zu erhalten. Diese Gleichzeitigkeit ermöglicht die Entfernungsangabe wie folgt:

$$\sin(EB'') = \frac{EB \text{ [km]}}{A \text{ [km]}} \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{EB \text{ [km]}}{RG \text{ [km/s]} T \text{ [s]}} \quad (6)$$

Diese Beziehungen sind aus der Abbildung 3 leicht erkennbar. EB ist die Eigenbewegung, die man in Bogensekunden beobachtet und die auch als Strecke in km gegeben ist. RG ist die Radialgeschwindigkeit auf den Beobachter zu in km/s; multipliziert mit der Zahl der Sekunden pro Jahr (T), ergibt sich ebenfalls eine Strecke in km. A ist die Entfernung von der Erde in km. Durch Kombination von (5) und (6) und der Annahme, daß EB immer ein kleiner Winkel ist, erhält man:

$$\sin EB'' = \frac{\operatorname{tg} \gamma \cdot RG}{A} \cdot T \quad (7)$$

$$EB'' = 206\,265 \frac{\operatorname{tg} \gamma \cdot RG}{A} \cdot T \quad (8)$$

Aus der Methode unter 1.1. kennt man die Beziehung (2). Bringt man diese mit (8) in Zusammenhang, erhält man:

$$\pi'' = \frac{a \cdot EB''}{\operatorname{tg} \gamma \cdot RG \cdot T} \quad (9)$$

Setzt man nun für a und T die Zahlenwerte ein, kann man die Parallaxe berechnen, wenn die Beobachtungsgrößen EB'' , RG und γ vorliegen.

$$\pi'' = 4,74 \frac{EB''}{RG \cdot \operatorname{tg} \gamma}; \quad \Delta [\text{pc}] = \frac{RG \cdot \operatorname{tg} \gamma}{4,74 \cdot EB''} \quad (10)$$

Erste Fehlbestimmungen können hier vorkommen, wenn man einen Feldstern, weil er zufällig eine passende Eigenbewegung hat, irrtümlich dem Bewegungshaufen zurechnet.

1.4. Dynamische Parallaxen

Eine einfache und gute geometrische Methode geben physische Doppelsterne, wenn man nicht nur die Umlaufperiode, sondern aus spektroskopischen Beobachtungen auch die Umlaufgeschwindigkeit kennt. Aus Umlaufzeit und -geschwindigkeit kann man die große Halbachse in linearem Maß (in km) berechnen. In Winkelmaß kennt man die große Halbachse aus mikrometrischen Beobachtungen. Die Entfernung ist dann (s. Abb. 4):

$$\sin A'' = \frac{A}{\Delta}; \quad A'' = 206\,265 \cdot \frac{A}{\Delta} \quad (11)$$

A ist der Doppelsternbahnhalbmesser im linearen Maß (km) und A'' in Winkelmaß. Die Beziehung (11) kann man nun wieder mit (2) kombinieren und erhält:

$$\pi'' = \frac{A''}{A/a}; \quad \Delta [\text{pc}] = \frac{A/a}{A''} \quad (12)$$

a ist der Erdbahnhalbmesser in km.

Leider ist diese einfache Methode nur auf sehr wenige Doppelsternpaare anwendbar, da meistens die Bahngeschwindigkeit so klein ist, daß eine spektroskopische Geschwindigkeitsbestimmung nicht möglich ist.

Die Beziehung (12) läßt sich aber mit dem 3. Keplerschen Gesetz, nach dem sich ja die Doppelsternkomponenten um einander herum bewegen, kombinieren:

$$A^3/a^3 = (M_1 + M_2) \cdot P^2 \quad (13)$$

$$\pi''^3 = \frac{A''^3}{(M_1 + M_2) \cdot P^2}; \quad (\Delta [\text{pc}]^3 = \frac{(M_1 + M_2) \cdot P^2}{A''^3} \quad (14)$$

P ist die Umlaufperiode, sie wird in Jahren angegeben, M_1 und M_2 sind die Sternmassen, sie werden in Einheiten der Sonnenmasse angegeben.

P und A'' sind beobachtbar, die Massensumme in (14) bereitet jetzt die Schwierigkeiten. Über die Massen muß man geeignete, vernünftige Annahmen machen. Die einfachste und oft benutzte Annahme ist, daß die Massensumme 2 Sonnenmassen beträgt. Da der Entfernungswert die dritte Wurzel aus den Beobachtungsdaten und der Massensumme ist, ist die Fehlerhaftigkeit der Annahme weniger bedeutungsvoll.

Eine Verbesserung ist möglich, wenn man die Spektraltypen der Systemmitglieder kennt. Dann kann man die mittlere, zu dem jeweiligen Spektraltyp gehörende Masse in die Beziehung (14) einsetzen.

2. Sekundäre oder relative Parallaxen

2.1. Rotationsparallaxen

Es ist bekannt, daß die Sterne sich um das Zentrum des Milchstraßensystems bewegen. Ihre Geschwindigkeit ist eine Funktion des Abstandes vom galaktischen Zentrum. Dadurch haben die Sterne je nach ihrer räumlichen Lage eine ganz bestimmte mittlere Radialgeschwindigkeit ($\overline{RG}$) in Bezug auf die Sonne. Die räumliche Lage kann man charakterisieren durch die Angabe der galaktischen Länge (l^{II}) und den Abstand von der Sonne (Δ).

Die systematische Abhängigkeit der Radialgeschwindigkeit von l^{II} und Δ wird durch die Oort'sche Formel der differentiellen Rotation beschrieben, die man ebenso auch zur Berechnung der Entfernung benutzen kann:

$$\overline{RG} = K \cdot \Delta \cdot 2 \cdot \sin l^{\text{II}} \quad (15)$$

In Beziehung (15) sind $\overline{RG}$ und l^{II} aus der Beobachtung bekannt; K ist eine Konstante, die mit Hilfe von Sternen, deren Entfernung nach anderen Methoden bestimmt wurden, berechnet werden muß.

Die Reichweite der Methode wird begrenzt durch die Leistungsfähigkeit der Spektrographen, d. h. durch die Entfernung, bis zu der man Radialgeschwindigkeiten beobachten kann.

Ein Nachteil der Methode ist, daß die gesamte beobachtete Radialgeschwindigkeit sich zusammensetzt aus der Komponente, aus der individuellen Bewegung der Sterne und der Komponente aus der galaktischen Rotation. Die Methode ist deshalb mit besserem Erfolg für weit von der Sonne entfernte Sterne anwendbar, da mit zunehmender Entfernung die Radialgeschwindigkeitskomponente aus der galaktischen Rotationsbewegung immer größer wird und somit die aus der individuellen immer mehr vernachlässigbar.

Die Methode wurde mit Erfolg bei der Entfernungsbestimmung von Delta Cephei-Sternen, Planetarischen Nebeln und offenen Sternhaufen angewendet.

2.2. Photometrische Parallaxen

Die Berechnung der Entfernung nach dieser Methode geschieht nach der Beziehung

$$\log \Delta = \frac{m - M + 5}{5} \quad (16)$$

m ist die scheinbare Helligkeit der Sterne. Die scheinbare Helligkeit, wie wir sie auf der Erde beobachten, ist im allgemeinen verfälscht durch die Beeinflussung der Sternstrahlung durch den interstellaren Staub (interstellare Extinktion) und die Erdatmosphäre (atmosphärische Extinktion). Die in Beziehung (16) eingehende scheinbare Helligkeit (m) muß von allen diesen Verfälschungen befreit sein; dann kann man sie mit der absoluten Helligkeit (M) des Sternes zur Bestimmung der Entfernung (Δ) vergleichen. Es ist bei den photometrischen Parallaxen eine Eichung mit den geometrischen Methoden notwendig.

Je nach der Art und Weise, wie man die absolute Helligkeit bestimmt, unterscheidet man verschiedene photometrische Parallaxen.

2.2.1. Spektroskopische Parallaxen

Die absolute Helligkeit kann bei Vorliegen von Sternspektren aus den Intensitätsverhältnissen bestimmter Absorptionslinien bestimmt werden. Die Methode ist auf alle Sterne anwendbar, von denen man Spektren genügend hoher Dispersion erhalten kann, d. h. sie ist durch die scheinbare Helligkeit der Sterne begrenzt.

2.2.2. Spektraltypparallaxen

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm gibt einen Zusammenhang zwischen dem Spektraltyp und der absoluten Helligkeit, der allerdings nicht eindeutig ist, denn es gibt für einen vorgegebenen Spektraltyp verschiedene absolute Helligkeiten. Dies gilt besonders für den Bereich der späten Spektralklassen. Trotzdem ist man in vielen Fällen gezwungen, auf diese Entfernungsbestimmungsmethode zurückzugreifen in Ermangelung besserer für manche Probleme.

2.2.3. Veränderlichen-Parallaxen

Veränderliche Sterne haben einen periodischen oder unregelmäßigen Lichtwechsel. Unter den periodischen Veränderlichen gibt es nun die Delta Cephei-Sterne, bei denen eine Korrelation zwischen der Periode des Lichtwechsels und der absoluten Helligkeit besteht (s. Abb. 5). Delta Cephei-Sterne haben eine große absolute Helligkeit. Es ist deshalb sogar möglich, Cepheiden in extragalaktischen Systemen nachzuweisen und dort ihre Perioden zu beobachten. Dadurch kann man ihre absoluten Helligkeiten und somit die Entfernung der Galaxien bestimmen.

2.3. Calciumparallaxen

Eine ganz andere Methode ist für weitentfernte frühe Sterne (Spektraltyp 0 und B) möglich. Das interstellare Gas (z. B. Calcium) prägt der Sternstrahlung seine Absorptionslinien auf. Unter der Annahme, daß das interstellare Gas zumindest in der Nähe der Milchstraßenebene relativ gleichförmig verteilt ist, gibt es einen Zusammenhang zwischen der Stärke der Absorptionslinien in den Sternspektren und der Sternentfernung; je weiter der Stern entfernt ist, um so mehr Atome (z. B. vom Calcium) stehen für den Absorptionsvorgang zur Verfügung.

Frühe Sterne (O- und B-Sterne) haben selbst ein linienarmes Spektrum, wodurch in ihren Spektren die interstellaren Linien gut nachzuweisen sind; zum anderen sind es absolut helle Sterne und dadurch bis in große Entfernungen erkennbar. Deshalb ist diese Methode besonders für O- und B-Sterne geeignet.

Die abschließende Tabelle gibt eine Übersicht über die erwähnten Entfernungsbestimmungsmethoden, die Objekte, auf die sie vorrangig anwendbar sind und die Reichweite, bis zu der sie mit guter Genauigkeit benutzt werden können.

Tabelle

Methode	Objekte	Reichweite in pc
Trigonometrische Parallaxen	Nahe Sterne	30
Sternstromparallaxen	Bewegungssternhaufen	5000
Dynamische Parallaxen	Doppelsterne	200
Spektroskopische Parallaxen	Sterne heller als 8 ^m	200
Spektraltypparallaxen	Sterne heller als 15 ^m	2000
Veränderlichenparallaxen	Delta Cephei-Sterne	12 · 10 ⁶
Calciumparallaxen	Sterne des Spektraltyps O und B	1000

Aufgaben und Organisationsformen für astronomische Schülerbeobachtungen

Dr. KLAUS LINDNER

Mit dem vorliegenden Beitrag beginnen wir, unsere Leser über einige Probleme der modernen Methodik des Astronomieunterrichts zu informieren. Wir wenden uns damit besonders an alle Amateurastronomen, die sich in Zukunft an der Betreuung astronomischer Schülerbeobachtungen beteiligen wollen (vgl. *Astronomie und Raumfahrt*, Heft 4/1969, Seite 118).

Der neue Lehrplan für den Astronomieunterricht, der vom 1. 9. 1971 an für alle zehnklassigen allgemeinbildenden Oberschulen in der DDR verbindliche Arbeitsgrundlage sein wird, verpflichtet Schüler und Lehrer zu obligatorischen Himmelsbeobachtungen. Aus der Vielzahl der möglichen Objekte und Aufgabenstellungen wurden die für die Erfüllung der Bildungs- und Erziehungsziele effektivsten ausgewählt. Sie bilden ein System von Arbeiten, die teils mit dem freien Auge, teils mit Hilfe eines Fernrohres auszuführen sind. Besonders bedeutungsvoll für den unterrichtlichen Nutzen dieser Beobachtungsaufgaben ist, daß sie auf die Gewinnung konkreter Ergebnisse abzielen; damit stellt sich aber für den Betreuer zugleich die Forderung, auf die Anfertigung exakter Protokolle durch die Schüler zu achten. Am Beobachtungsabend sollten bereits die fertig vorbereiteten Protokollhefte mit den Rubriken

Nr. der Aufgabe,
Datum, Uhrzeit,
Aufgabentext,

Hilfsmittel,
Sichtverhältnisse,
Beobachtungsergebnis,

für jede einzelne Aufgabe vorliegen.

Mit dem freien Auge suchen die Schüler zunächst den Polarstern auf, orientieren sich über die Haupthimmelsrichtungen und über die Lage des Meridians und des Himmelsäquators. Daran schließt sich das Kennenlernen wichtiger Sternbilder an, ein auffälliges Sternbild soll in seiner Lage zum Horizont skizziert werden. Fertigt der Schüler eine solche Skizze am Anfang und eine zweite am Ende eines Beobachtungsabends an, so erhält er durch die Lageveränderung einen guten Eindruck von der scheinbaren täglichen Bewegung des Himmels. Schätzungen von Azimut und Höhe markanter Sterne (bei Beobachtungen im Herbst, also zu Beginn des Schuljahres, z. B. der Hauptsterne des „Sommerdreiecks“) führen in den Bereich der astronomischen Koordinatensysteme. Auch eine Winkelmessung mit einfachsten Hilfsmitteln ist vorgesehen: die Bestimmung des scheinbaren Monddurchmessers, Sternfarben und Sternhelligkeiten, ebenfalls mit dem bloßen Auge abzuschätzen, leiten bereits zur Astrophysik über.

Während die bisher genannten Aufgaben keine optischen Hilfsmittel erfordern (als Hilfsmittel für die Messung des scheinbaren Monddurchmessers wird lediglich ein Lineal mit Zentimeterenteilung benötigt, das in 57 cm Entfernung vor das Auge des Beobachters zu halten ist), verlangen die nun folgenden Beobachtungen zumindest den Einsatz eines 2- bis 3-zölligen Fernrohrs. Die Mondoberfläche, ein hellerer Planet (je nach Sichtbarkeit), das Doppelsternsystem ζ UMa und ein offener Sternhaufen (in der Regel wohl die Plejaden) sind als Objekte vorgesehen.

Der Einwand, dieses Beobachtungsprogramm sei nicht allzu umfangreich und lasse zahlreiche wichtige und interessante Objekte vermissen, liegt für einen Amateurastronomen freilich auf der Hand. Für die pädagogische Absicht wird er aber gegenstandslos, wenn wir bedenken, daß es sich um ein obligatorisches, von allen Schülern des 10. Schuljahres (das sind pro Schuljahr in der DDR mehr als 150 000)

zu erarbeitendes Programm handelt. Wie eine einfache Überschlagsrechnung zeigt, ist es zeitlich unmöglich, alle Arten astronomischer Objekte im Laufe von 28 Unterrichtswochen zu beobachten, wenn der theoretische Unterricht nicht zu kurz kommen und die außerunterrichtliche Belastung der Schüler nicht über Gebühr ausgedehnt werden soll. Deshalb enthält das Aufgabensystem nur die Objekte, für die sich aus der didaktischen und methodischen Anlage des Lehrplans eine direkte Konfrontation Schüler-Naturobjekt zwingend ergibt.

Das schließt natürlich keinesfalls aus, daß interessierte Schüler nach Absolvierung der „Pflichtaufgaben“ weitere Beobachtungen durchführen können. Hier sind der Initiative der Betreuer keine Grenzen gesetzt. Die Sonne, weitere Sternhaufen, ein Gasnebel, ein außergalaktisches Sternsystem, vielleicht sogar ein gerade sichtbarer Komet – all das kann zusätzlich beobachtet werden. Wenn der Betreuer interessiert zu kommentieren versteht, können solche Beobachtungsabende auch für den einen oder anderen Schüler Anlaß zu späterer regelmäßiger astronomischer Betätigung werden. Aber obligatorisch sind solche Beobachtungen nicht.

Wie lassen sich Schülerbeobachtungen in der Praxis am zweckmäßigsten gestalten? Eine eindeutige Antwort auf diese Frage zu geben, ist angesichts der großen Unterschiede hinsichtlich der Ausrüstung, der zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten und vor allem hinsichtlich der Zeit, die der Betreuer aufwenden will und kann, unmöglich. Wir beschränken uns daher auf grundsätzliche Hinweise, die Umsetzung in die Praxis muß von Fall zu Fall nach den Gegebenheiten der jeweiligen Station erfolgen.

Drei Formen des organisatorischen Ablaufs kommen in Betracht: Beobachtungen im Klassenverband, astronomische Schülerpraktika und (für uns uninteressant) Beobachtungs-Hausaufgaben.

Unter Beobachtungen im Klassenverband sollen auch Beobachtungen mit Teilen einer Klasse gezählt werden. Ihr Vorteil gegenüber den anderen Organisationsformen besteht darin, daß der Lehrer rationell arbeiten und mit seinen Erläuterungen und Hinweisen, wie im Klassenunterricht, jeweils das ganze Schülerkollektiv ansprechen kann. Als sehr nachteilig erweisen sich die hohen Anforderungen an die räumliche und zeitliche Planung der Beobachtungen. Die Beobachtungsstätte muß geräumig genug sein, um einer größeren Gruppe von Schülern Arbeitsmöglichkeiten zu bieten; die Problematik der Beobachtungszeit betrifft bei dieser Organisationsform stets relativ viele Personen. Vor allem aber darf während der Beobachtungszeit kein Schüler untätig sein. Wenn – was der Normalfall ist – nur wenige Instrumente zur Verfügung stehen, müssen den einzelnen Schülern oder Beobachtergruppen genügend Aufgaben erteilt und erläutert werden, die sich mit dem bloßen Auge erledigen lassen. Die Erfahrungen in Schulsternwarten haben ergeben, daß ein Lehrer einen Beobachtungsabend mit einer Gruppe von mehr als 20 Schülern kaum erfolgreich durchführen kann. Im allgemeinen sollten daher die Klassen geteilt werden. Die Dauer einer abendlichen Beobachtung liegt zwischen 45 und 90 Minuten; in den Wintermonaten können wegen der zeitigen Dämmerung recht gut zwei Schülergruppen nacheinander im Abstand von 60 Minuten zur Beobachtungsstätte bestellt werden. (Es ist zweckmäßig, die zweite Gruppe auf einen nahegelegenen Sammelplatz zu verweisen, da früher eintreffende Schüler die Arbeiten und die Disziplin der ersten Gruppe empfindlich stören können. Hier muß sich der Betreuer vorher sehr genau mit den Lehrern der betreffenden Klassen geeinigt haben!)

Trotz ihrer Nachteile sind Beobachtungen im Klassenverband für verschiedene Aufgaben sehr zweckmäßig. Das gilt in erster Linie für die Beobachtung einmaliger Ereignisse (Finsternisse), aber auch für die Einführung in die Technik des Beobachtens und in die Orientierung am Sternhimmel (Sternbilder, Polarstern, Meridian).

Astronomische Schülerpraktika lassen sich als Kurzpraktika oder als Jahrespraktika durchführen.

Werden die Beobachtungsaufgaben von allen Schülern gemeinsam oder in Gruppen unter Aufsicht in schneller Folge an 2 oder 3 Tagen nacheinander erledigt, so sprechen wir von einem Kurzpraktikum. Es sollte zweimal im Schuljahr angesetzt werden. Jeweils 2 bis 3 Beobachtungsabende bilden eine organisatorische Einheit; sie lassen sich in Zeiten stabiler Wetterlage (während einer Schönwetterperiode, wie sie bevorzugt im September/Oktober und im April/Mai auftreten) mit relativ großer Sicherheit festlegen. Organisatorisch unterscheidet sich das Kurzpraktikum nicht wesentlich von der Beobachtung im Klassenverband, es erhält jedoch durch die Konzentration der Arbeit auf einen kurzen Zeitraum ein anderes methodisches Gepräge. Die Beobachtung verliert für den Schüler den Charakter einer gelegentlichen Abwechslung und wird für die Zeit des Praktikums in viel größerem Maße zu einem echten Bestandteil der Schularbeit, als dies bei einzelnen Klassenbeobachtungen der Fall ist. Nachteilig wirkt sich aus, daß sie auf zwei kleine Zeiträume im Verlauf des Schuljahres beschränkt bleibt. Die räumlichen und zeitlichen Voraussetzungen gleichen denen der Beobachtung im Klassenverband; insofern bleiben die gleichen hohen Anforderungen an die Organisation der Beobachtungsarbeit zu erfüllen.

Als echtes Praktikum, das im Gegensatz zu den bisher genannten Organisationsformen eine weitgehende Selbständigkeit der einzelnen Beobachter ermöglicht, ist das astronomische Jahrespraktikum anzusehen. Es stellt allerdings an den Betreuer der Beobachtungen, ob Lehrer oder Helfer aus dem Kreise der Amateure, höhere zeitliche Anforderungen und bedeutet vor allem eine gewisse zeitliche Bindung über einen längeren Zeitraum hinweg. Fachgruppen, die mehrere Betreuer stellen können – so daß diese sich in ihrer Arbeit mit den Schülern abwechseln – sind da erheblich im Vorteil.

Voraussetzung für das Jahrespraktikum ist eine Beobachtungsstation, die neben dem eigentlichen Beobachtungsinstrument auch die Möglichkeit zur Anfertigung eines kurzen Protokolls durch die Schüler aufweist. Meist wird sie von mehreren Schulen genutzt. Die Beobachtungsaufgaben, die für alle am Praktikum beteiligten Klassen in der Numerierung und im Wortlaut übereinstimmen müssen, werden den Teilnehmern am Beginn des Schuljahres mitgeteilt. Jeweils an einem Abend in der Woche (natürlich nach Möglichkeit immer am gleichen Wochentag) ist die Station – bei klarem Wetter – für die Schüler geöffnet. Die Schüler kommen zwanglos einzeln oder in kleinen Gruppen zur Beobachtung, führen ihre Arbeiten unter Anleitung durch und fertigen unmittelbar nach der Beobachtung das Protokoll an. Die ordnungsgemäße Erledigung jeder einzelnen Aufgabe wird durch den Namenszug des Betreuers oder durch Stempelabdruck auf dem Protokoll bestätigt. (Dieses Testat dient den Astronomielehrern wie auch den Eltern als Kontrolle des ordnungsgemäßen Praktikumsbesuches.) An einigen Schulsternwarten der DDR sind auch Testatkarten gebräuchlich. Sie vereinigen in sich die genannten Vorteile mit dem der persönlichen Bindung, da sie auf den Namen des einzelnen Schülers ausgestellt werden.

Für jeden Schüler werden im Mittel zwei bis drei Besuche der Beobachtungsstation nötig, um die geforderten Aufgaben vollständig zu erledigen. Ist das witterungsmäßig möglich, wenn man sich auf einen Wochentag beschränkt? Die Beobachtungsstatistik der Volkssternwarte Leipzig, an der die Fachgruppe Astronomie seit 1958 öffentliche Beobachtungen immer am gleichen Wochentag (Dienstag) durchführt, verweist auf eine deutliche Dreiteilung des Schuljahres. In der ersten, günstigsten Periode vom 5. 9. bis zum 15. 10. waren 57 % der angesetzten Beobachtungsabende klar, also jeder zweite Dienstag ein nutzbarer Beobachtungstag. In der zweiten Periode, die vom 16. 10. bis zum 28. 2. dauert, waren es nur 31 %,

also etwas weniger als jeder dritte angesetzte Abend war für die Beobachtung nutzbar. Die dritte Periode vom 1. 3. bis zum 30. 4. brachte dann eine Erhöhung auf 35 0/0 nutzbare Abende.

Da beim Jahrespraktikum die Festlegung auf einen bestimmten Tag entfällt, da vielmehr die Schüler nach eigenem Ermessen bestimmen, wann sie ihre Beobachtungen durchführen wollen, bleiben die durch die Witterung bewirkten Unsicherheiten gering. Man bleibt eben zu Hause, wenn am betreffenden Wochentag der Himmel bewölkt ist! Das ist zweifellos ein erheblicher Vorteil des Jahrespraktikums gegenüber den anderen Organisationsformen. Weiterhin ist als positiv zu bewerten, daß mehrere Schulen eine Beobachtungsstation mit den entsprechenden Geräten und Räumlichkeiten gemeinsam nutzen können. Die langjährigen Leipziger Erfahrungen lassen allerdings eine Beschränkung auf 10 Klassen geraten erscheinen, wenn die Station nur an einem Wochentag zur Verfügung steht. Die erhöhte Selbständigkeit der Schüler schließlich entspricht einem wichtigen erzieherischen Anliegen des Unterrichts und kommt der Forderung entgegen, in den Abschlußklassen auch Unterrichtsformen anzuwenden, die denen weiterführender Bildungseinrichtungen nahekommen. Von Nachteil ist, daß der Astronomielehrer im Klassenunterricht nicht von allen Schülern gleichzeitig bestimmte, in der praktischen Beobachtung erworbene Kenntnisse und Erkenntnisse fordern kann. Außerdem hat sich gezeigt, daß die Schüler ständig an die Praktikumsarbeiten erinnert werden müssen – das aber ist allein Sache der Lehrer. Trotzdem kann das Jahrespraktikum, eingeleitet durch eine einmalige, einführende Beobachtung im Klassenverband, als die für Mittel- und Großstädte zweckmäßigste Organisationsform der astronomischen Schülerbeobachtung bezeichnet werden.

Beobachtungs-Hausaufgaben werden i. a. als Ergänzung zur Beobachtung im Klassenverband oder zum Schülerpraktikum erteilt und dürfen nur in seltenen Fällen die Hauptform der Beobachtungstätigkeit der Schüler sein. Sie auszuwählen und zu erteilen ist allein Sache und Aufgabe der Astronomielehrer an den Schulen.

Aus einem Ausstellungsbericht der Fachgruppe Thal des Deutschen Kulturbundes

Siehe auch S. 148/149

Die Fachgruppe Thal konnte in guter Zusammenarbeit mit den Schulen des Wohngebietes und dem VEB Uhrenkombinat Ruhla am 14. 9. 1968 eine Astronomie-Ausstellung im großen Saal des Klubhauses des Uhrenkombinates eröffnen. Sie wurde von 732 Erwachsenen und 12 Schulklassen (360 Schülern der 8.–12. Klassen) besucht. In Gemeinschaftsarbeit wurden über 100 Exponate ausgestellt. Alle waren Eigenbau der Fachgruppe und der Astronomieunterrichts-Schüler. Unter den Exponaten befanden sich 42 Modelle für Unterrichtszwecke, davon waren mehrere Großmodelle (z. B. eine Rundtafel zur Erläuterung der Bahnelemente der Planeten, eine drehbare Demonstrationssternkarte, eine 2 m-Tafel vom Aufbau des Sonnensystems, u. a.). Die Fachgruppe stellte fünf Instrumente aus. Sie zählt z. Z. durch zielstrebige Arbeit mit den Schulen 42 Schüler aus 6 Astronomieklassen zu ihren aktiven Mitarbeitern, die in einem Fachzirkel nach eigenem Arbeitsplan tätig sind. Die Aufgaben erstrecken sich von der Arbeit an Modellen über die Himmelsbeobachtung bis zur Astrophotographie. Wir lassen uns beim Ansprechen der Schüler davon leiten, daß diese zunächst verschiedene Interessen haben (technische, photographische, naturwissenschaftliche) und setzen sie dementsprechend ein. Aus dieser Betätigung entwickeln sich bei den Schülern dann spezielle astronomische Interessen (an den Ergebnissen der astronomischen Forschung, ihren Problemen, ihren Aufgaben, am astronomischen Weltbild, an der Beobachtungstätigkeit, am Modell- und Gerätebau u. a.). Die Arbeit der Fachgruppe wird vom Betrieb und Klubhaus des Uhrenkombinates in Ruhla wesentlich gefördert. Die Fachgruppe ist bestrebt, nicht bei der ästhetischen Betrachtung des gestirnten Himmels, bei der Förderung des Hobbys des Einzelnen stehen zu bleiben, sondern die Tätigkeit auf astronomischem Gebiet zu einer wertvollen kulturpolitischen werden zu lassen, die einen Beitrag zum fortschrittlichen wissenschaftlichen Weltbild und zu sozialistischem Denken und Handeln leistet. Zu den Zielen der Fachgruppe gehört die Errichtung einer Beobachtungsstation, für deren Geräteausstattung, Betreuung und Nutzung alle Voraussetzungen gegeben sind.

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

Berichte vom XIX. IAF-Kongreß 1968 in New York

Dr. E. HOLLAX

Systeme zur Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen in Raumflugkörpern für die 2. Dekade der bemannten Raumfahrt

Es ist kein Geheimnis, daß bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt Projekte für bemannte Unternehmen zu verschiedenen Planeten unseres Sonnensystems studiert werden und die Errichtung von Raumstationen nach den so erfolgreichen Experimenten von Sojus 4, 5 und 6—8 in greifbare Nähe gerückt ist.

Bereits in der 2. Dekade der Raumfahrt (1971—1981) muß man mit Missionen rechnen, die bis zu einem Jahr und darüber andauern und mit Mannschaftsständen von 3 bis 9 Personen durchgeführt werden.

Zu den Problemen, deren Lösung erst solche Unternehmen ermöglicht, zählt die Bereitstellung geeigneter Systeme zur Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen in bemannten Raumflugkörpern. (Sie werden in der englischsprachigen Literatur als „Life Support Systems“ [kurz LSS] bezeichnet.) Es ist somit nicht verwunderlich, daß diese Systeme auf dem XIX. IAF-Kongreß in Vorträgen und Diskussionen breiten Raum einnahmen.

Die vorgegebene Missionsdauer bedeutet, daß Systeme zur Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen in der bisherigen Weise einen nicht zu vertretenden Aufwand an Masse und Volumen mit sich bringen würden. Das Problem kann nur durch die Verwendung von sogenannten Regenerationssystemen gelöst werden. Es ist erforderlich, Abfallstoffe wieder aufzuarbeiten bzw. lebenswichtige Stoffe kontinuierlich zu erzeugen.

Abb. 1 gibt das erforderliche Systemgewicht als Funktion der Missionsdauer wieder. Bereits für Unternehmen, die 90 Tage überschreiten, ist ein Regenerationssystem notwendig. In Abb. 2 werden die Funktionen und Methoden eines solchen Systems dargestellt. Sie sollen zusammenfassend erläutert werden.

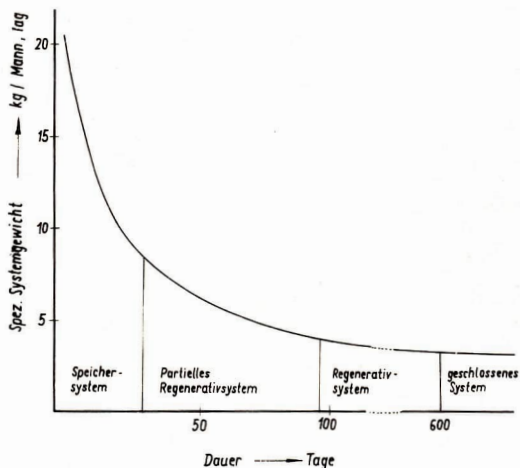


Abb. 1: Spezifisches Gewicht der LS-Systeme als Funktion der Missionsdauer.

Funktion	Methode		
CO ₂ -Entfernung	Regenerierbare Sorbens, CO ₂ , Photo- und Chemosynthese		
CO ₂ -Reduktion	Hydrierung, Sorption, Elektrolyse		
O ₂ -Erzeugung	BTS, Wasser-Elektrolyse		
Entfernung von Schmutzstoffspuren	Regenerierbare Sorbens, katalytische Verbrennung		
Wasser-Rückgewinnung	Filtration	Filtration und Phasenänderung BTS	
Personenhygiene	Zero-G-Dusche		
Nahrungsmittel-Produktion	Photo- und Chemosynthese		
Aufarbeitung fester Abfälle	Pyrolyse		
Dauer des Unternehmens	1-3 Monate	3-12 Monate	über 1 Jahr

Abb. 2. Ausgestaltung des regenerativen Lebenserhaltungssystems in Abhängigkeit von der Missionsdauer.

Es sind im einzelnen: Die Entfernung des Kohlendioxids — Die Reduktion des CO_2 — Die Sauerstofferzeugung — Die Entfernung von Schmutz- bzw. Giftstoffen — Die Wasserrückgewinnung — Die Personenhygiene — Die Erzeugung von Nahrungsmitteln — Die Aufarbeitung der festen Abfälle — Die Regelung von Temperatur und Feuchtigkeit — Die Regelung der Kabinengas-Zusammensetzung.

Die große Zahl der zu regelnden Funktionen, also der sehr komplexe Charakter, und frühere Testergebnisse von Untersystemen führten in der Vergangenheit zu der pessimistischen Einschätzung, daß hinsichtlich der Zuverlässigkeit und der Unterhaltung ein Regenerationssystem unlösbare Probleme stellt. Wie auf dem XIX. IAF-Kongreß in mehreren Vorträgen gezeigt wurde, ist auf Grund der neueren Versuchsergebnisse diese Einschätzung zu verwerfen.

Beispielsweise hat ein 30-Tage-Test der amerikanischen Firma Lockheed Missiles & Space Company mit einem Regenerationssystem unter simulierten Bedingungen gezeigt, daß nur $\frac{1}{3}$ der Arbeitskapazität einer Person für die routinemäßigen Arbeiten am System erforderlich war und daß für sonstige Einsätze zur Unterhaltung des Systems im 30-Tage-Zeitraum etwa 24 Mann $\times$ Stunden aufgebracht werden mußten.

Wenn auch bei längeren Missionen ein höherer Aufwand in Rechnung zu setzen ist, so kann durch Weiterentwicklung der Komponenten und durch computergesteuerte Fehlerdiagnose und -isolierung sowie durch automatische Redundanz dieser in erträglichen Grenzen gehalten werden.

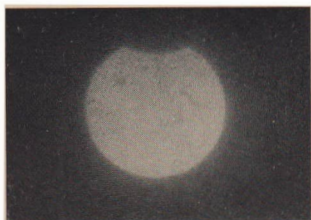
1. Kabinengaszusammensetzung

Während die Sowjetunion stets als Kabinengas Luft (Druck: 1 atm) benutzt, sind die amerikanischen Raumschiffe des Gemini- und Apollo-Typs mit reinem Sauerstoff (Druck: $\frac{1}{3}$ atm) gefüllt.

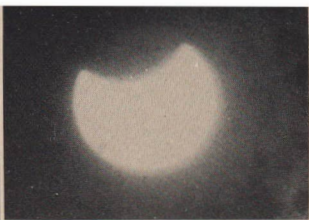
Die Sowjetunion hat sich somit von Anfang an auf die zukunftssträchtige Variante orientiert. Reiner Sauerstoff wirkt nach einer gewissen Expositionszeit in Abhängigkeit vom Druck toxisch. Versuche mit Hunden, die längere Zeit einer reinen Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt waren, ergaben Schäden der Lunge, der Nieren und der Augen. Physiologische Schäden, wie z. B. eine Einschränkung der Vitalkapazität der Lunge als Folge einer Atelektase wurden nachgewiesen. Eine reine Sauerstoffatmosphäre ist für längere Missionen ($> 0,5$ –1 Monat) nicht benutzbar. In diesem Falle ist ein Zweigassystem erforderlich. Außer der Toxizität des reinen Sauerstoffs sprechen auch Sicherheitsgründe für das Zweigassgemisch. Beispielsweise verbrennen in reinem Sauerstoff unter $\frac{1}{3}$ atm Druck organische Substanzen etwa 3mal so schnell wie Luft. Verschiedene Materialien, beispielsweise Plaste, sind in reinem Sauerstoff leichter entzündlich, während sie in Luft nicht oder nur schwer brennen.

Die Verwendung von Zweigassgemischen (Druck: 1 atm) bringt aber einige Probleme mit sich. Sie hat einmal einen erhöhten apparativen Aufwand für die Kontrolle und Dosierung der Einzelkomponenten zur Folge, und zum anderen werden erswerende Forderungen an die Raumschiffkonstruktion gestellt. Auf Grund der im Weltraum herrschenden Vakuumbedingungen (10^{-12} mm Hg und darunter) muß die Wand des Druckbehälters der Kabine um so stärker sein, je größer der Druck in der Kabine ist. Dies führt zu einer Erhöhung der Gesamtmasse des Raumfahrzeuges und verlangt somit wiederum einen höheren Schub der Raketten bzw. bedeutet eine finanzielle Belastung.

Welche die günstigste Zusammensetzung des Atemgemisches darstellt, ist noch nicht befriedigend geklärt. Von sowjetischen Wissenschaftlern wurden mit Erfolg Versuche durchgeführt, bei denen der Stickstoff des Gasgemisches durch das Edelgas Helium ersetzt wird. Das positive Ergebnis ist für künftige Missionen längerer Dauer von großer Wichtigkeit.



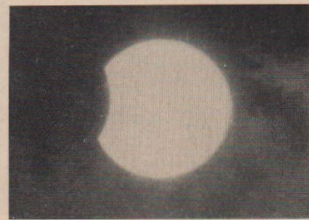
Aufnahme 1: 10.43.50 h



Aufnahme 2: 11.10.00 h



Aufnahme 3: 11.41.25 h



Aufnahme 4: 12.30.00 h

Beobachtung der Sonnenfinsternis am 22. September 1968 in Eisenhüttenstadt

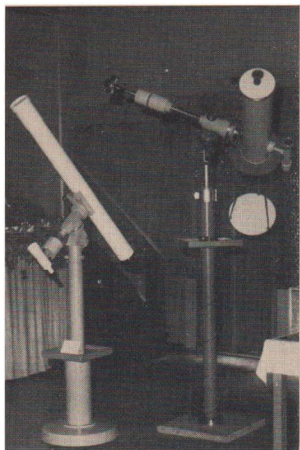
Am 22. 9. 1968 fand eine totale Sonnenfinsternis statt, die in Europa partiell verlief und daher auch in Eisenhüttenstadt beobachtet werden konnte. Beginn der Finsternis für Frankfurt/O.: 10.33.5, Mitte der Finsternis: 11.38.7, Ende der Finsternis: 12.43.9.

In Eisenhüttenstadt war die Sonne bis 10.39 h bedeckt, und während des Verlaufs der Finsternis gingen mehrfach Regenschauer nieder, so daß meine Bilder näher den Kontaktzeiten bzw. dem Maximum gemacht werden konnten.

Im Höhepunkt der Finsternis wurden 46,9 % des Sonnendurchmessers oder 36 % der Sonnenscheibe bedeckt. Die Bilder wurden mit einer Contax D auf Orwo-Color Film UT 16 zunächst als Dias gefertigt und mit einem 20 Din-Film kopiert. Die etwa 20-fache Vergrößerung wurde durch die Verwendung einer Kombination Weitwinkelobjektiv 2,8:35 und einem Teleobjektiv 4:135 unter Verwendung von Zwischenringen erreicht. An die Kamera wurden 233 mm Zwischenringe geschraubt, daran ein Umkehring, um das Weitwinkelobjektiv mit der Öffnung der Kamera zugehen zu können. Wiederum mit einem Spezialring mit Innengewinde wurden 75 mm Zwischenringe geschraubt, an die zuletzt das Teleobjektiv gesetzt wurde. Die Aufnahmen erfolgten ohne Filter, wobei das Teleobjektiv voll geöffnet (Blende 4,0) blieb und der Weitwinkel voll geschlossen (Blende 16) wurde. Belichtungszeit 1/50 s. Die Entfernungseinstellung erfolgte nur durch das Teleobjektiv, das Weitwinkelobjektiv blieb auf Unendlich eingestellt.

K. NEWIAK, Eisenhüttenstadt





Fotos von der Ausstellung der Fachgruppe Thal

Siehe S. 143

**Abb. S. 148 oben: Erläuterungen am
Kometensucher.**

**Abb. S. 148 unten: Eigenbaumodelle der
Schüler.**

Links: Spiegelteleskop und Refraktor.

**Unten: Ausstellungsbesucher aus einer
8. Klasse werden hier „vorinformiert“.**



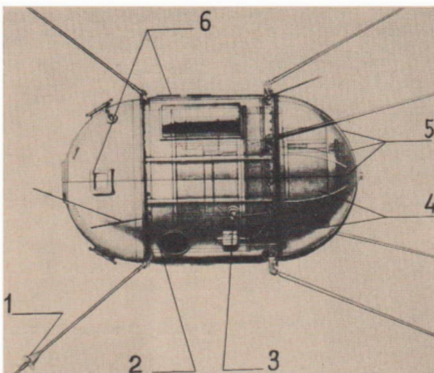
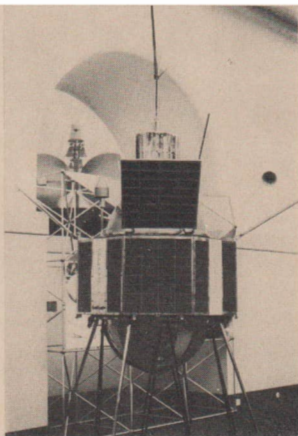
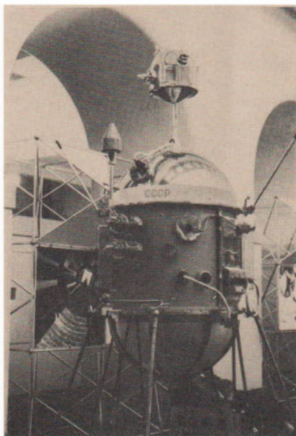


Abb. oben: Grundaufbau eines der standardisierten kleinen Kosmosatelliten. Die Zahlen: 1 = Lageorientierungssystem, 2, 3, 6 = Ansatzmöglichkeiten für die Geber von Meßinstrumenten, 4 = Wärmeregulierungssystem, 5 = Raum für die Energiequellen des Satelliten.

Abb. unten links: Kleinerer standardisierter Kosmosatellit zur Untersuchung der Hochatmosphäre. Links am zylindrischen Mittelteil angesetzt zwei Massenspektrometer. Oben in dem topfförmigen Aufsatz mehrere Ionisationsmanometer.

Abb. unten rechts: Einer der kleineren standardisierten Kosmosatelliten, dessen Energieversorgung über rings angebrachte Solarzellen erfolgt.



Bei der Benutzung von Stickstoffgemischen kann bei plötzlichem Druckabfall, z. B. als Folge eines Meteoritentreffers, aber auch beim Übergang auf einen geringeren Druck des Raumanzuges bei Ausstiegsmanövern die Caissonkrankheit auftreten. Der im Blut gelöste Stickstoff wird infolge der starken Druckminderung in Form von Bläschen freigesetzt; das Blut schäumt. Eine Gasembolie ist die Folge, die in schweren Fällen zu nervösen Störungen, zu Lähmungen oder zum Tod führen kann.

Einer der Vorteile, die der Ersatz des Stickstoffs durch Helium mit sich bringt, ist die Verminderung der Gefahr des Auftretens der Caissonkrankheit infolge der geringeren Löslichkeit des Heliums im Blut.

Vorteilhaft ist aber auch die niedrigere Dichte des Sauerstoff-Helium-Gemisches, die einen geringeren Aufwand an Ventilationsenergie erforderlich macht. Da bei Schwerelosigkeit keine Gaskonvektion auftritt, diese aber für die Kühlung von Kosmonauten und elektrischen Geräten wie auch zur Abscheidung toxischer Stoffwechselprodukte nötig ist, muß eine zusätzliche Ventilation durchgeführt werden, die möglichst wenig elektrische Energie verbrauchen soll, da die in Frage kommenden Energieerzeuger ein recht ungünstiges Energie-Masseverhältnis aufweisen.

Allerdings ist noch eine Reihe von Versuchen mit Sauerstoff-Helium-Gemischen durchzuführen. Dies gilt vor allem hinsichtlich des veränderten Wärmeempfindens, das aus der etwa sechsmal größeren Wärmeleitfähigkeit des Heliums gegenüber Stickstoff resultiert, sowie hinsichtlich der Veränderung der Sprachfrequenz und der Hörfunktion.

Wie erwähnt, ist der apparative Aufwand für die Dosierung und die Kontrolle bei Zweigasgemischen beträchtlich. Während für eine reine Sauerstoffatmosphäre ein O_2 -Sensor und ein Druckregler genügen, macht ein Zweigassystem eine komplizierte analytische Ausrüstung erforderlich, die zuverlässig Messungen der Partialdrücke von Sauerstoff, Verdünnungsgas und anderen atmosphärischen Gasen, solchen wie Kohlendioxid und Wasserdampf, durchführt. Diese Ausrüstung ist mit verschiedenen Kontrollgeräten und der Alarmausrüstung gekoppelt.

Es ist leicht einzusehen, daß es eine elegante Lösung darstellt, die einzelnen Gaskonzentrationsbestimmungen mit einem einzigen Gerät durchzuführen. Es sind dafür kleine sogenannte Massenspektrometer geringen Energieverbrauchs entwickelt worden, mit denen die gleichzeitige Partialdruckbestimmung der verschiedenen Gase durchgeführt werden kann [3].

Zwar gibt es viele Typen von Massenspektrometern, doch sind sie alle insofern ähnlich, als sie mit einer Ionisierungs- sowie einer Ionentrennvorrichtung ausgestattet sind. In letzterer wird die Trennung entsprechend dem Masse-Ladungsverhältnis durchgeführt.

Das zu analysierende Gas-Dampf-Gemisch wird zunächst auf einen Druck von 10^{-2} bis 10^{-6} Torr entspannt und in der Ionenquelle durch Elektronenstöße – die durch einen heißen Drahtfaden erzeugt werden – ionisiert. Von der Ionenquelle wird gefordert, daß sie intensive, zeitlich konstante Ionenströme einheitlicher Energie bei Verwendung kleinster Stoffmengen erzeugt. Die entstehenden Ionen werden mittels elektrischer Felder gebündelt und in einem elektrischen Längsfeld beschleunigt. Die Trennung der Ionen entsprechend ihrem e/m -Verhältnis erfolgt im sogenannten magnetischen Sektor beim Durchlaufen eines homogenen Magnetfeldes. Im einfachsten Falle wird das Magnetfeld durch einen Dauermagneten erzeugt. Seine Kraftlinien stehen senkrecht zur Fortbewegungsrichtung der Ionen. Nach verschiedenen Massen getrennt, werden die Ionen den Detektoren zugeführt. Die Zahl der auf den Auffänger gelangenden Ionen ist ein Maß für die relative Häufigkeit der jeweiligen Massenkomponeute im Ionenstrahl.

Die Zusammensetzung des Kabinengases wird durch Regelungsventile gesteuert, welche wiederum die Partialdrucksignale empfangen. Das System enthält weiterhin eine Regelungsvorrichtung zur Aufrechterhaltung des Gasdruckes.

2. Entfernung von Schmutzstoffspuren

Systeme zur Entfernung von Schmutz- bzw. Giftstoffen basieren auf der Kombination von Sorption und katalytischer Oxidation.

Stoffe wie CO , CH_4 und Wasserstoff werden katalytisch verbrannt. Als Katalysator ist Palladium auf Al_2O_3 geeignet [5].

Zur Verhinderung der Katalysatorvergiftung (H_2S , $\text{SO}_2 \dots$) sowie des Eintritts von Oxydationsprodukten (z. B. Stickoxyd, $\text{HCl} \dots$) in die Kabine wird das Gas vor und nach dem Kontakt mit dem Katalysator durch ein Sorbens (z. B. LiOH) geleitet.

3. CO_2 -Entfernung [5]

Das CO_2 wird zunächst in einem regenerierbaren Kieselgel-Molekularsieb-System gesammelt.

Dabei wird das zu reinigende Gas zunächst durch ein Kieselgel-Bett (amorphe Kieselsäure) geleitet, wodurch der Wasserdampf quantitativ entfernt wird. Danach passiert es das Molekularsieb, welches das CO_2 vollständig adsorbiert. Molekularsiebe sind synthetisch hergestellte Zeolithe der allgemeinen Formel $(\text{R}, \text{R}') \text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, worin R und R' ein- oder zweiwertige Kationen, beispielsweise Alkali- oder Erdalkalitionen, n und m Molzahlen bedeuten. Es können Zeolithtypen mit einem bestimmten Porendurchmesser, z. B. von der Größe der CO_2 -Moleküle hergestellt werden. Die Kohlendioxid-Moleküle können in das Material eindringen und adsorbiert werden.

Nachdem das Gas die Molekularsiebanlage verlassen hat, wird es erhitzt und durch desorbierendes Kieselgel geleitet, wodurch es wieder die erforderliche Feuchtigkeit aufnimmt. Die CO_2 -Desorption, d. h. die Regenerierung der Molekularsiebe erfolgt im Vakuum unter Erwärmung. Zu diesem Zweck wird ein mit Silikonöl beheiztes Kreislaufsystem in das Molekularsiebmaterial eingebettet. Während der Adsorption wird mit einem gleichartigen Kreislauf gekühlt.

Das Gesamtsystem arbeitet zyklisch, das CO_2 wird ständig aus dem Kabinengas entfernt.

Es wird durch einen Zeitnehmer kontrolliert, der die Gasverteilterventile, die Magnetventile des Silikonöl-Kreislaufes und den Erhitzer aktiviert.

Das erhaltene CO_2 wird dem Reaktor zur Reduktion zugeführt.

Das für die Zukunft aussichtsreichste System stellt allerdings die CO_2 -Aufbereitung in einem Prozeß dar. Beispielsweise kann das Kohlendioxid in einer Salzschmelze adsorbiert und elektrolysiert werden. Hierbei werden 3 Prozesse (Absorption, Reduktion und Elektrolyse) in einem vereinigt.

Schwierig zu lösende Probleme stellen aber die hohe Arbeitstemperatur und die Phasentrennung unter Schwerelosigkeit dar.

Wird die Elektrolytschmelze durch einen Festelektrolyten ersetzt, ist die Phasentrennung nicht mehr problematisch, aber eine zusätzliche CO-Reduktionseinheit erforderlich.

4. CO_2 -Reduktion

Der erste Schritt der CO_2 -Reduktion ist die Hydrierung. Dafür ist die Sabatier-

Reaktion, d. h. die Umsetzung zu Methan und Wasser: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ aber auch die Bosch-Reaktion, die als Reaktionsprodukte festen Kohlenstoff und Wasser liefert, geeignet: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$

Das Sabatier-Verfahren sei kurz erläutert.

Die Reaktion ist zwar exotherm, doch ist ein Erhitzungssystem erforderlich, um ihren Start auszulösen.

Die kalten Reaktionsgase werden vor dem Eintritt in den Reaktor durch einen Wärmeaustauscher geleitet und auf die Reaktionstemperatur gebracht. Die Reaktionstemperatur selbst wird durch einen in den Reaktor eingebauten Wärmeaustauscher aufrechterhalten. Als Kühlmittel dient Silikonöl. Die Kühlung ist so ausgelegt, daß die Temperatur der den Reaktor verlassenden Reaktionsprodukte so niedrig wie möglich ist, wodurch der Aufwand für die Kondensation des Reaktionswassers verringert wird. Der Reaktor selbst wird durch ein Material aus Glasfaserfz isoliert [5].

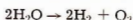
Als Katalysator für die Reaktion dient Nickel auf Kieselgur als Träger. Die Reaktionstemperatur beträgt etwa 300 °C.

Der den Reaktor verlassende Wasserdampf wird in einem Wärmeaustauscher kondensiert und von dem Gas in einem Separator getrennt, der aus einem hydrophoben hydrophilen Substanzgemisch besteht. Das Wasser wird in die Elektrolysezelle geleitet, das Methan über Bord gelassen.

Das Bosch-Verfahren bringt einen geringeren Masseaufwand (vgl. Abb. 4). Das System ist aber schwieriger zu beherrschen, da der entstehende Kohlenstoff die Wirksamkeit des Katalysators mindert.

5. O₂-Erzeugung

Die Sauerstofferzeugung erfolgt durch Elektrolyse des Wassers nach



Das Wasser wird zunächst in den zirkulierenden KOH-Elektrolytkreislauf eingespeist. Der Kreislauf ist zur Entfernung der bei der Elektrolyse entstehenden Wärme erforderlich. In der Elektrolysezelle passiert der Elektrolyt zunächst zwei an die arbeitenden Elektroden grenzenden Ionenaustauscher-Membranen, die zur Phasentrennung unter Schwerelosigkeit erforderlich sind. Das entstandene Gas entweicht vorzugsweise durch die offene Elektrodenstruktur, anstatt durch die Matrix in den Elektrolyten. Das System ist dadurch völlig betriebssicher. Ein Sensor im Elektrolytreservoir regelt die Elektrolytkonzentration bzw. die Wassernachlieferung [5].

Für sehr lange Missionen (> 1 Jahr) scheint das biologisch-technische System, d. h. die Sauerstofferzeugung aus CO₂ durch Photosynthese die besten Erfolgsaussichten zu besitzen.

Nach Angaben sowjetischer Wissenschaftler auf dem XIX. IAF-Kongreß ist das Mikroalgensystem bei sachgemäßer Installation unbegrenzt lange haltbar. Außerdem ist es recht produktiv [6].

Gegenwärtig wird die Atmosphäre von sowjetischen Raumschiffen durch ein Peroxidsystem regeneriert, das den Sauerstoff nachliefert und das CO₂ entfernt.

6. Wasserrückgewinnung

Wasser kann aus Atmosphärenkondensat, Schweiß und Urin zurückgewonnen werden. Der Rückgewinnungsprozeß besteht z. B. aus den Arbeitsschritten: Filtration durch Aktivkohle, Vakuumdestillation, Aktivkohlefiltration [5].

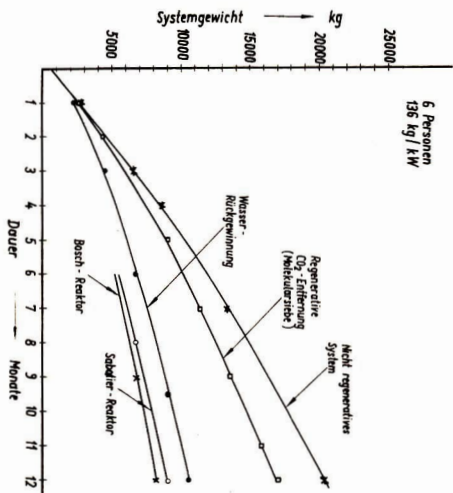


Abb. 4: LSS-Gewicht und Missionsdauer.

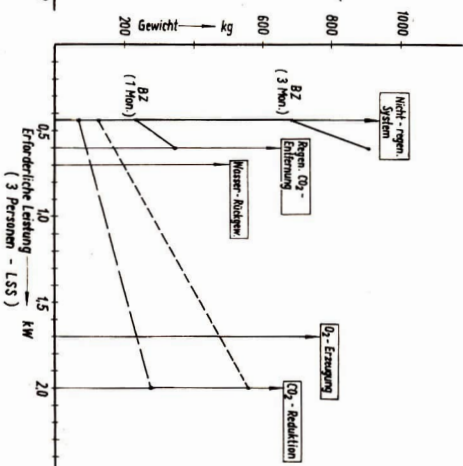
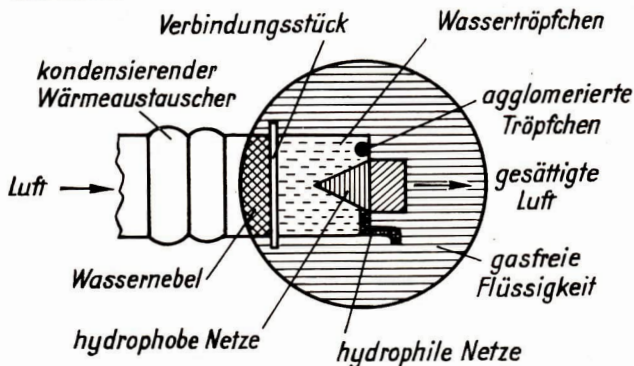


Abb. 5: Gewicht der Bordenergie-Anlage als Funktion der erforderlichen Leistung für das LSS/1.; BZ = Brennstoffzellen, - - - - = Solarzellen, - - - - = Kernenergie.

Abb. 3: Schematische Zeichnung einer Anlage zur Wasserabtrennung im schwere-losen Zustand.



Das Vakuumdestillationssystem ist eine statische Einheit, bestehend aus hydrophobem/hydrophilem Materialgemisch zur Phasentrennung (vgl. Abb. 3).

Die erforderliche Energie wird aus der Abfallwärme gewonnen. Die Verdampfungstemperatur wird durch einen Silikonöl-Kreislauf (etwa 30 °C) aufrecht erhalten. Der Verdampfungsdruck beträgt bei der angegebenen Verdampfungstemperatur z. B. 20 bis 30 mm Hg.

Die Kondensationstemperatur (z. B. 5 °C) wird ebenfalls mittels eines Silikonöl-Kreislaufes aufrecht erhalten. Nicht kondensierbares Gas wird in den Raum abgelassen.

Von sowjetischen Wissenschaftlern wurde über ein biologisch-technisches System „Mensch-Mikroalgen“ vorgetragen. Das vom Menschen abgesonderte Wasser läßt sich durch einen Mikroalgen-Reaktor kontinuierlich reinigen, wie toxikologische Untersuchungen gezeigt haben. Der Wasserverlust für einen Zyklus Mensch-BTS betrug bei den Versuchen etwa 10 %. Das System arbeitete sehr zuverlässig [2].

Im Falle des Einsatzes von Brennstoffzellen vom Knallgas-Typ zur Energieerzeugung (vgl. Abb. 5) ist eine Wasser-Aufbereitung nicht erforderlich. Die Brennstoffzellenanlage produziert Wasser in ausreichender Menge. Das Abfallwasser kann verworfen werden.

7. Nahrungsmittelversorgung

Volumen und Masse der mitzuführenden Nahrungsmittel steigen proportional zur Flugdauer und der Zahl der Kosmonauten an. Wesentliche Masse- und Volumeneinsparungen erbringt die Entwässerung.

Für Unternehmen, die länger als ein Jahr dauern, wäre die Nahrungsmittelsynthese nach dem Regenerationsprinzip eine Lösung. Dafür wurden chemische wie auch biologische Methoden vorgeschlagen. Auch die Kombination beider Wege könnte zum Erfolg führen. Allerdings gibt es hier gegenwärtig noch zu viele Spekulationen,

so daß man erst die Ergebnisse der nächsten Jahre abwarten muß, um zuverlässigere Einschätzungen durchführen zu können.

Versuche mit rasch wachsenden Algenkulturen haben gezeigt, das Algen einige Wochen lang als Haupteisweißquelle ohne negative Folgen dienen können. Auch Versuche mit „chemischer Diät“ verliefen über viele Wochen erfolgreich, wie amerikanische Wissenschaftler nachweisen konnten.

Prinzipiell ist jedoch erst einmal der Beweis zu erbringen, daß eine Ernährungsweise ohne gastronomischen Genuß über den oben erwähnten Zeitraum von den Kosmonauten ertragen werden kann. Außerdem fehlt auch noch der hinreichende Beweis dafür, daß die regenerative Aufarbeitung der festen Abfälle und des Urinschlammes mit dem Ziel der Nahrungsmittelgewinnung tatsächlich die günstigste Lösung darstellt. Die Startmaterialien für die Nahrungsmittelsynthesen, beispielsweise CO_2 und Wasser, könnten weitaus leichter zur Sauerstoffherzeugung (siehe oben) eingesetzt werden. Wärmesterilisierte feste Abfälle wären auch für Strahlenschutz Zwecke geeignet.

8. Aufarbeitung fester Abfälle

Der Kot wird abgesaugt und kann unter keimtötenden Bedingungen im verfestigten Zustand über kurze Zeiten gelagert werden. Eine sehr wirksame Methode stellt die Vakuumtrocknung dar. Sie bedeutet aber, da sie zur Umgehung von Geruchsproblemen bei niedrigen Temperaturen durchgeführt werden muß, einen beträchtlichen Zeitaufwand. Die Lufttrocknung der Abfälle ist ebenfalls recht wirksam; die Abfälle müssen aber transportiert und in einem trockenen Speicher aufbewahrt werden.

Für die Zukunft – für Unternehmen über ein Jahr – scheint die pyrolytische Zerstörung der Abfälle die einzig vertretbare Variante. Die Veraschung durch Radioisotopenstrahlung ist sicher recht vielversprechend, doch stehen ihrer Anwendung gegenwärtig noch die Sicherheitsprobleme entgegen, die bei der Mitnahme größerer Isotopenquellen auftreten [1].

9. Feuchtigkeits- und Temperaturregelung

Der Feuchtigkeitsgehalt kann durch einen Wärmeaustauscher, der mittels einer Kühlflüssigkeit auf konstanter Temperatur gehalten wird, geregelt werden. Das Gas verläßt den Wärmeaustauscher mit einer Temperatur von etwa 5 bis 10°C. Die Feuchtigkeit ist in Form kleiner Tröpfchen kondensiert. Zwecks Abtrennung der selben wird das Gas durch einen statischen Wasser/Gas-Trenner geleitet. Der Trenneffekt wird durch die Anwesenheit hydrophober/hydrophiler Grenzflächen erreicht. Das hydrophobe Material erlaubt dem gekühlten Gas zu passieren, nicht aber den Wassertropfen. Diese werden zum hydrophilen, d. h. benetzbaren Material geleitet. Die hydrophile Sicker vorrichtung erlaubt wiederum den Durchgang der Flüssigkeit, nicht aber des Gases. Das Wasser wird daraus durch Anlegen eines partiellen Vakuums laufend abgesaugt und in einen Tank geleitet (vgl. Abb. 3).

Ein zweiter Wärmeaustauscher sorgt für die Wiedererwärmung des Atmosphäregases. Ein Sicherheitsventil dirigiert das Gas entweder durch oder um den Wärmeaustauscher, wobei dieses wiederum durch den Temperaturfühler in die Kabine gesteuert wird.

Als Umlaufflüssigkeit für die Wärmeaustauscher eignet sich Silikonöl.

10. Systemgewicht, Funktion und Leistungsbedarf

In Abb. 4 wird das Systemgewicht in Abhängigkeit von der Missionsdauer und den Funktionsschritten graphisch dargestellt. Dabei wurde für die Energieanlage ein Leistungsgewicht von 136 kg kW in Rechnung gesetzt. Bei einer Dauer des Un-

ternehmens von 9 Monaten ergibt sich für nicht regenerative Systeme ein Gewicht von etwa 16 800 kg. Im Falle der regenerativen CO_2 -Entfernung durch Molekularsiebe sinkt der Wert auf 13 600 kg. Wird auch das Wasser zurückgewonnen, ergibt sich ein Gesamtgewicht von 8650 kg. Eine weitere Gewichtsverringerung auf etwa 7500 kg wird im Falle der Anwendung des Sabatier-Verfahrens, und auf etwa 6800 kg bei Verwendung des Bosch-Reaktors erzielt.

Für Missionen, die ein Jahr dauern, errechnet sich für den letztgenannten Fall bei einer 6-Mann-Besatzung ein Gewichtsaufwand von etwa 8180 kg für das LSS.

Eine zunehmend regenerative Ausgestaltung des LSS hat einen steigenden Energiebedarf zur Folge. Oder anders ausgedrückt: das LSS kann nur soweit regenerativ ausgelegt werden, wie es die Bordenergieanlage gestattet. Aus Abb. 5 ist dies ersichtlich.

Während für ein nicht regeneratives Lebenserhaltungssystem für eine 3-Personen-Raumschiffbesatzung nur 450 Watt erforderlich sind, wird für ein Regenerativsystem eine Leistung von 2 kW benötigt. Der Leistungsaufwand für die einzelnen Teilsysteme kann aus der genannten Darstellung abgelesen werden.

Es ist auch ersichtlich, daß Kernenergieanlagen den günstigsten, und Brennstoffzellen den weitaus ungünstigsten Masseaufwand bedeuten. Gegenwärtig überdeckt der fortgeschrittene Entwicklungsstand der Brennstoffzellen und ihre sonstigen speziellen Vorteile (insbesondere die Trinkwasserproduktion und die Zuverlässigkeit) die Nachteile. Solarzellen und auch Kernenergieanlagen weisen schwer zu lösende Arbeitsprobleme auf. Bei letzteren ist auch die Sicherung der Raumschiffbesatzung vor der radioaktiven Strahlung problematisch.

Unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklung der einzelnen Bordenergiesysteme lassen sich die Einsatzchancen für Unternehmen mit 3, 6 und 9 Personen wie folgt einschätzen:

1 bis 3 Monate: Brennstoffzellen, 3 bis 12 Monate: Solarzellen, 6 bis 12 Monate: Kernenergieanlagen.

Vordringliche Aufgaben [1]

Von den in naher Zukunft zu lösenden Aufgaben seien noch einmal die wichtigsten zusammengestellt:

1. Langzeittests von bemannten und mit einem Regenerationssystem ausgestatteten Räumen auf der Erde zum Erhalt von Zuverlässigkeits- und Leistungsdaten.
2. Weitere Verbesserung der computergesteuerten Fehlerdiagnose und Mängelbehebung. Ziel ist vor allem die Senkung des von der Mannschaft zu erbringenden Aufwandes zur Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit des Systems. Die Arbeitskapazität der Raumschiffbesatzung wird für andere Aufgaben dringend benötigt.
3. Zu den wichtigsten Forderungen gehört diejenige nach höherer Automatisierung der verschiedenen, miteinander verknüpften Funktionen des LSS, um die Möglichkeit des Auftretens von Störkaskaden zu verhindern.
4. Rascher Abschluß der Untersuchungen und Prüfungen auf der Erde und Festlegung eines Systems, um die Entwicklungsanstrengungen auf die Qualifikation für die Flugbedingungen konzentrieren zu können.
5. Rasche Entwicklung von Analysatoren für biologische und chemische Gift- bzw. Schmutzstoffe des Trinkwassers und der Atmosphäre.
6. Lösung des Problems der Aufrechterhaltung der erforderlichen Sterilität des Wasser-Rückgewinnungs-Systems unter Raumflugbedingungen über eine Einjahresperiode.

7. Zuverlässige Klärung der Frage nach völliger Verträglichkeit der benutzten Materialien und Ausrüstungen mit der Atmosphäre und den „Arbeitsflüssigkeiten“ des LSS.
8. Verbesserte und vereinfachte Methoden der Behandlung von Abfallprodukten, die direkt von der Besatzung stammen oder bei Regenerationsprozessen anfallen.
9. Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Phasentrennprozesse des LSS unter Schwerelosigkeit über eine Jahresperiode.
10. Erarbeitung einer zuverlässigen Analyse über Erfordernisse hinsichtlich der Ernährung und Hygiene über den angeführten Zeitraum.
11. Verringerung oder Beseitigung der Geräusche von Pumpen und sonstigen Ausrüstungen des LSS. Entscheidende Bedeutung bei der Lösung dieser Aufgaben kommt Orbitalflügen bzw. Orbitalstationen zu.

Literatur:

- [1] W. M. Helvey u. a. „Life Support Requirements for the Second Decade of Manned Space Flight“, Vortrag XIX. IAF-Kongreß (1968).
- [2] L. V. Kirensky u. a. „Closed Water Exchange in a Two-Link Biological Technical Life Support System“ (Original russisch) Vortrag XIX. IAF-Kongreß (1968)
- [3] W. L. Johnes „Advanced Two-Gas Sensor Technology Research“ Vortrag XIX. IAF-Kongr. (1968).
- [4] H. P. Silverman „Elektrochemistry and Life Support Systems“, Vortrag XIX. IAF-Kongr. (1968)
- [5] Th. M. Olcott, W. J. Conner „Thirty-Day Performance and Reliability Test of a Regenerative Life Support System“, Vortrag XIX. IAF-Kongreß (1968).
- [6] I. I. Gitelson u. a. „Experimental Biological Life Support System Based on Continuous Cultivation of Microalgae and an Experiment of a Prolonged Stay of a Man in the System“, (Original russisch) Vortrag XIX. IAF-Kongreß (1968).
- [7] Verschiedene persönliche Mitteilungen.

Aus der Literatur

Die nächsten Merkurdurchgänge:

Bekanntlich finden 1970 und 1973 die nächsten Merkurdurchgänge statt. Für diese ist vom Sacramento Peak Observatory in Sunspot (New Mexico, USA) ein ausgedehntes Beobachtungsprogramm ausgearbeitet worden. Man will Größenbestimmungen innerhalb der Feinstruktur der Photosphäre (Granulen, Randverdunklung), der Fleckengruppen („weiße Punkte“ in Umbren, Penumbrastrahlung) sowie eine Erfassung der chromosphärischen Strukturdetails innerhalb und außerhalb von Aktivitätsregionen, der Protuberanzenstrahlen und der Spiculae vornehmen. Hier noch die Daten der bevorstehenden Merkurdurchgänge:

1970 Mai 9^d 4^h 20^m WZ (P. W. 70°) bis 12^h 14^m WZ (P. W. 237°)

1973 Nov. 10^d 7^h 48^m WZ (P. W. 116°) bis 13^h 01^m WZ (P. W. 294°)

Sternbedeckung durch Neptun:

Im April 1968 fand eine Bedeckung des Sterns 7. Größe BD – 17° 4388 durch Neptun statt. Das Himmelsereignis wäre also bei uns nicht zu beobachten gewesen. In Australien aber konnte es verfolgt werden. Es ergaben sich als neuer Durchmesser des Planeten 49 200 km und als mittlere Dichte 1,65 g cm³, also weniger als der frühere Wert 2,25 g cm³ (Sterne und Weltraum 8, 10, 236 f, 1969).

J. CLASSEN

Fernmeldesatellit „Symphonie“: Starttermin erst nach der Olympiade

Das Projekt des französisch-westdeutschen Fernmeldesatelliten „Symphonie“ befand sich bis Ende November 1969 noch in der Definitionsphase. Das Unternehmen geht zurück auf ein Regierungsabkommen vom 6. 6. 1967. Die an der Projektierung beteiligten Stellen geben jedoch vorläufig noch keine Auskunft über die voraussichtlichen Kosten, obwohl alle technischen Fragen schon weitgehend klar sein dürften.

Durch die Drallstabilisierung des Satelliten um eine feste Achse können die beiden Antennen, von denen eine auf Amerika und eine auf Europa und Afrika gerichtet ist, fest montiert werden.

Der Umsetzer des Satelliten mit einer Bandbreite von 2×90 MHz arbeitet auf einer ZF. Die Kosten für die ZF, die Stromversorgung und die Telemetrie sind bereits bekannt; sie sollen sich auf etwa 50 Millionen DM belaufen.

Als vorläufiger Starttermin ist allerdings erst Ende 1972 vorgesehen. Das bedeutet also, erst nach der Olympiade. Die Verantwortlichen meinen jedoch, eine Übertragung von der Olympiade „via“ „Symphonie“ sei von vornherein nicht vorgesehen gewesen.

D. STACHOWSKI

Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1968

KARL-HEINZ NEUMANN

Im Jahre 1968 hat die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt einen ihrer bisherigen Höhepunkte erreicht. Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 74 Raumflugkörperstarts ausgeführt. Das ist die bisher größte Anzahl von Raumflugkörperstarts im Verlauf eines Jahres.

Betrachten wir zunächst allgemein gesehen die Entwicklung von der Anzahl der Starts her. Abgesehen von einem geringfügigen Rückgang der Starthäufigkeit kann praktisch vom Jahre 1962 an ein ständiges Ansteigen der Starthäufigkeit bei sowjetischen Raumflugkörpern festgestellt werden.

In Abb. 1 ist für die Jahre von 1962 bis 1968 der monatliche Mittelwert der Starthäufigkeit dargestellt. Mit 6,2 Starts pro Monat haben wir also 1968 den höchsten Wert. Im Vergleich dazu in Abb. 2 die monatlichen Mittelwerte der Startzahlen für amerikanische Raumflugunternehmen. Hier erkennt man, daß von 1966 an (Maximalwert von 6,1 Starts pro Monat) die mittlere monatliche Startrate in den beiden folgenden Jahren ständig abgesunken ist.

Dieses Absinken ist zweifellos auf die durch den Vietnam-Krieg bedingten Budgetkürzungen der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA sowie auf die Mittelkürzungen, die – wie aus den Startzahlen zu ersehen ist – auch das rein militärische Raumfahrtprogramm der USA betreffen, zurückzuführen. Der Anteil der militärischen Starts ist ebenfalls seit 1966 rapide zurückgegangen. Das Monatsmittel für 1968 betrug für die USA 3,7, davon entfallen 2,2 auf militärische Satellitenstarts. Die verbleibenden 1,5 für Raumflugunternehmen mit vorwiegend wissenschaftlicher Aufgabenstellung schließen außerdem die drei westeuropäischen Satellitenstarts der USA mit ein.

Bei den sowjetischen Raumflugkörperstarts des Jahres 1968 entfallen 64 auf die Serie der Kosmos-Satelliten (Monatsdurchschnitt 5,3 Starts) und 10 weitere Starts auf andere Unternehmen.

An erster Stelle zu nennen wäre das bemannte Raumflugunternehmen mit Sojus 3 vom 26. 10. 1968. Mit dem am Vortage gestarteten Raumschiff Sojus 2 wurde ein Rendezvous ausgeführt. Über das Unternehmen Sojus 3 und 2 mit dem Kosmonauten Beregowoi ist in anderen Publikationsorganen schon sehr umfassend berichtet worden. Wie noch zu erläutern sein wird, war aber Sojus 2 nicht das einzige unbemannte Sojus-Raumschiff, das 1968 eingesetzt wurde.

Bezüglich der Mondflugunternehmen gab es von seiten der Sowjetunion im Jahre 1968 eine beträchtliche Aktivität. Am 2. 3. startete Sonde 4, die den Mond umflogen hat und als Vor-

Abb. 1

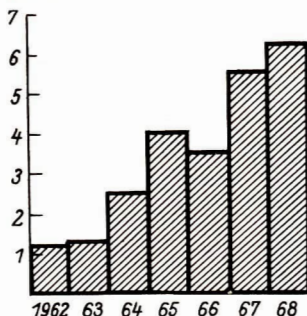
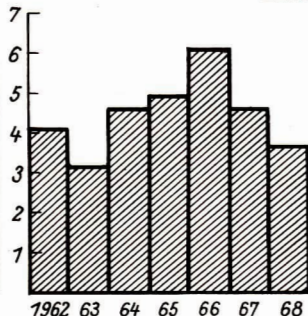


Abb. 2



versuch für die folgenden Sonden zu werten ist. Der am 7. 4. gestartete Raumflugkörper Luna 14 gelangte in eine Mondsatellitenbahn. Die Hauptaufgabe von Luna 14 bestand darin, das Mondgravitationsfeld exakt zu untersuchen. Luna 14 diente damit der Vorbereitung der folgenden Unternehmen mit Sonde 5 und Sonde 6. Die genaue Kenntnis der Feinstruktur des Mondgravitationsfeldes war für die Entsendung von Raumflugkörpern, die den Mond umfliegen sollten, um danach zur Erde zurückzukehren, eine wichtige Voraussetzung.

Die am 15. 9. gestartete Sonde 5 führte dieses Unternehmen aus. Es war notwendig, daß mit Hilfe des Antriebsteils dieser Sonde nach dem Erreichen der Wirkungssphäre der Mondgravitation eine Geschwindigkeitsverminderung erfolgte, die schließlich dazu führte, daß allein durch die Mondgravitation diese unbemannte Sonde auf die Rückkehrbahn zur Erde gebracht wurde. Diese Sonde führte verschiedenartige Lebewesen mit, wodurch man den Einfluß der kosmischen Verhältnisse während eines Mondfluges untersuchen konnte. Außerdem sind bei der Rückkehr zur Erde eine Reihe von Aufnahmen der Oberfläche unseres Planeten gemacht worden. Die Landung erfolgte auf direktem Wege, so daß diese Sonde nach einem exakten Einflug in den für die Landung notwendigen Korridor den Indischen Ozean erreichte.

Eine Weiterentwicklung stellte schließlich das vierte sowjetische Mondflugunternehmen des Jahres 1968 dar. Die am 10. 11. gestartete Sonde 6 umflog in ähnlicher Weise den Mond, wobei hier ein modifiziertes Landeverfahren angewandt wurde.

Die Sonde näherte sich der Erde auf der Südhalbkugel, ebenfalls wieder über dem westlichen Teil des Indischen Ozeans. Durch eine Veränderung des Anstellwinkels des Landekörpers beim Eintritt in dichte Atmosphärenschichten konnte erreicht werden, daß bei diesem ersten Eintauchvorgang die Geschwindigkeit von rund 11 auf etwa 7,6 km/sec herabgesetzt wurde. Die Steuerung für die notwendigen Veränderungen des Anstellwinkels erfolgte automatisch. Die Sonde bzw. der Landekörper der Sonde verließ wiederum die dichten Schichten der Erdatmosphäre und gelangte auf eine ballistische Flugbahn. Damit konnte der Landekörper dieser Sonde das Territorium der Sowjetunion erreichen.

Die aerodynamische Steuerung erlaubte ferner, daß die negative Beschleunigung in beiden Phasen der Bremsung Werte von 3 bis 4 g nicht überstieg. Wie aus der Sowjetunion offiziell mitgeteilt wurde, dienten die Experimente mit den Sonden des Jahres 1968 der Vorbereitung des bemannten Mondfluges.

Der am 16. 11. mit einer Trägersrakete neuen Typs gestartete Satellit Proton 4 war mit seinen 17 Tonnen Masse der bisher massereichste automatisch arbeitende Forschungssatellit. Wie seine Vorgänger war Proton 4 ein kernphysikalisches Laboratorium. Mit ihm wurden Experimente unter Ausnutzung der höchstenergetischen Teilchen der primären kosmischen Strahlung ausgeführt.

Drei weitere Satelliten der Serie Molnija (der 8., 9. und 10.) sind in dem Berichtszeitraum gestartet worden. Auch sie wurden im sowjetischen Orbita-System für die Fernseh-, Bildfunk-, Telefonie- und Telegrafieverbindung eingesetzt. Das Orbita-System ist speziell für die Belange der Sowjetunion entwickelt worden. Die Satelliten haben Umlaufzeiten von rund 12 Stunden, und die stark exzentrische Bahn hat ihr Apogäum über der Nordhalbkugel der Erde.

Alle übrigen sowjetischen Raumflugkörperstarts sind in der Serie der Kosmos-Satelliten erfolgt. Bekanntlich ist das Programm dieser Serie das umfangreichste, das für eine Serie

überhaupt aufgestellt worden ist. Kurz zusammengefaßt kann man drei große Komplexe in der Zusammenstellung unterscheiden

1. Wissenschaftliche Untersuchungen, die Grundlagenforschung sowie die Erforschung des erdnahen kosmischen Raumes und extraterrestrische Objekte betreffend.
2. Praktische Nutzenanwendung der Raumfahrt, wie Wetter-, Navigationssatelliten u. ä.
3. Technologische Satelliten, mit denen verschiedenartige technische Systemlösungen sowie neuartige Raumflugkörpersysteme im kosmischen Raum erprobt werden.

Bei den einzelnen Kosmos-Satelliten verschmelzen mitunter diese drei genannten Hauptaufgabenstellungen. Man ist bemüht, bei jedem Unternehmen ein Maximum an Ergebnissen zu erzielen. Deshalb ist es nicht möglich, die einzelnen Kosmos-Satelliten in die drei genannten Hauptgruppen aufzugliedern.

Wie schon bei früheren Betrachtungen soll, da nur von einem relativ kleinen Teil der Kosmos-Satelliten die exakte Aufgabenstellung bekannt ist, auch hier wiederum versucht werden, hypothetisch bestimmte Kategorien aufzustellen. Ausgangswerte hierfür sollen die Bahnelemente sein, wobei verschiedene andere Faktoren – wie z. B. Lebenszeit, Startzeit und andere Informationen – mit berücksichtigt werden müssen. Die nun folgende Einteilung in einzelne Klassen ist also stark hypothetischer Natur.

Schon seit 1962 werden Kosmos-Satelliten eingesetzt, die eine Bahnneigung von rund 65 Grad haben, die Erde im Bereich zwischen 200 und etwa 350 km Höhe umkreisen und meist nach 8 Tagen zur Erde zurückgeführt werden. Fast alle diese Satelliten besitzen Sendeanlagen, die im Bereich von 19,995 MHz Signale ausstrahlen.

An unserer Satellitenbeobachtungsstation konnte der größte Teil dieser Satelliten funktechnisch verfolgt werden. Einige davon, speziell jene, die in den Morgenstunden gestartet wurden, sind bereits bei ihrem ersten Umlauf an unserer Station funktechnisch erfaßt worden.

Die in den Mittagsstunden gestarteten Satelliten dieser Klasse (seit 1967 etwa bilden sie den größeren Anteil) konnten erst einen Tag nach ihrem Start funktechnisch beobachtet werden. Dieser Fakt ist auf den Standort zurückzuführen. Alle gegen Mittag gestarteten Satelliten dieser Serie werden von Plessetzk, nahe Archangelsk, aus aufgelassen. Am Ende ihres ersten Erdumflugs überfliegen sie unsere geographischen Breiten bereits mehrere 100 km westlich von uns. Aus Erfahrungen ist bekannt, daß westlich von uns erfolgende Satellitendurchgänge fast immer schlechter zu empfangen sind als „Ostdurchgänge“. Außerdem konnten wir aus unseren Funkbeobachtungen feststellen, daß die Sender dieser Satelliten wahrscheinlich von Funkbefehlen von der Bodenstation aus eingeschaltet werden.

Das Einschalten erfolgt aber nicht bei jedem Satelliten und bei jedem Durchgang zu einer vorausrechenbaren Zeit. Verschiedene Faktoren werden für den Zeitpunkt des Einschaltens der Sendeanlage eines Satelliten dieser Serie sicherlich bestimmend sein. Eine Rolle spielen möglicherweise die ionosphärischen Bedingungen. Zum anderen sind mitunter zwei Satelliten auf ihrer Umlaufbahn, die im gleichen Frequenzbereich senden. Zur Unterscheidung werden dann sicherlich die Einschaltzeiten variiert. Für beide genannten Fakten besitzen wir Beobachtungsmaterial.

Insgesamt 17 derartiger Satelliten mit 65 Grad Bahnneigung wurden im Jahre 1968 eingesetzt. Vier davon sind dabei lediglich in Baikonur gestartet worden, alle anderen wurden vom nördlichen Startgelände aus aufgelassen. Dabei haben die von Baikonur aus eingesetzten Satelliten eine Lebensdauer von 7,9 Tagen und die von Plessetzk aus gestarteten eine Lebenszeit von rund 7,79 Tagen.

Bei diesen Satelliten gibt es vier, die in gewisser Beziehung anormales „Verhalten“ zeigen. Zunächst Kosmos 208, der im Gegensatz zu der sonst üblichen Lebenszeit die Erde 11,85 Tage umrundet hat. Kosmos 231 fällt dadurch auf, daß sein Start gegen 19h36m, also in den Abendstunden erfolgte. Eine derart späte Startzeit hat es für Satelliten dieser Klasse bis jetzt noch nicht gegeben. Kosmos 251 fällt wiederum durch eine relativ lange Lebenszeit von 18,09 Tagen auf. Außerdem besitzt er eine unübliche niedrige Flugbahn mit einer Umlaufzeit von nur 89,1 Minuten. Die nächste Ausnahme bildet Kosmos 253, der bereits nach 4,8 Tagen zur Erde zurückgeführt worden ist (Näheres siehe unten).

Eine ähnliche Kategorie bilden die Kosmos-Satelliten mit 51,8 Grad Bahnneigung. Sieben davon wurden im Jahre 1968 gestartet. Bis auf eine Ausnahme zeigen sie identisches Verhalten, was ihre Lebenszeit betrifft, und auch die Flugbahnwerte sind ähnlich. Die eine Ausnahme bildet Kosmos 240, der nicht nach rund 8, sondern bereits nach 7 Tagen zur Erde zurückgeführt wurde. In der Startzeit finden wir hier zwei Kategorien. Einmal diejenigen, die im Zeitraum 6.45 Uhr bis 7.00 Uhr WZ auf ihre Bahn gelangten und einen Vertreter, nämlich Kosmos 216, der erst um 10.34 Uhr aufgelassen wurde. Alle diese Satelliten erreichten vom Startgelände Baikonur aus ihre Umlaufbahnen.

Fünf weitere Satelliten dürften den eben beschriebenen zwei Gruppen ähnlich sein, wurden aber ausnahmslos vom Startgelände Plessetzk aus auf ihre Umlaufbahnen gebracht. Es sind dies Kosmos 223, 229 und 243, die Bahnneigungen im Bereich von etwa 73 Grad haben. Die Lebenszeiten der beiden erstgenannten liegen im Bereich von 8 Tagen, während der letztere eine Lebenszeit von 10,9 Tagen hatte.

Abb. 3

Bahnneigung	Umlaufzeit	Nummer	Datum	Höhe				
				km	200	300	400	500
65,7	90,2	199	16.1.68	204	386			
65,0	89,9	201	6.2.68	210	365			
65,7	89,4	205	5.3.68	201	310			
65,6	89,8	207	16.3.68	210	242			
65,0	89,4	208	21.3.68	207	305			
65,0	89,7	231	10.7.68	211	330			
66,0	89,8	232	16.7.68	202	352			
66,4	88,7	237	27.8.68	201	343			
66,4	89,7	241	16.9.68	201	343			
66,4	89,4	246	7.10.68	207	348			
66,0	89,9	247	11.10.68	205	362			
66,0	89,1	251	31.10.68	198	270			
66,4	89,9	253	13.11.68	206	355			
66,4	89,9	254	21.11.68	203	350			
66,4	89,7	255	28.11.68	201	336			
66,0	89,6	258	10.12.68	210	325			
57,8	89,1	216	20.4.68	199	277			
57,8	89,0	224	4.6.68	200	270			
57,8	89,1	227	18.6.68	194	281			
57,8	89,5	234	30.7.68	210	310			
57,8	89,4	235	9.8.68	207	303			
57,8	89,2	239	5.9.68	202	282			
57,8	89,3	240	14.9.68	197	293			
72,9	90,1	223	1.6.68	212	374			
72,8	89,9	229	26.6.68	210	354			
71,9	89,6	243	23.9.68	210	319			
81,2	90,3	210	2.4.68	217	395			
81,4	90,3	214	18.4.68	211	403			
57,7	88,75	212	14.4.68	210	239			
57,4	88,76	213	15.4.68	205	291			
57,6	89,0	228	21.6.68	206	259			
57,7	88,5	238	28.8.68	190	219			
57,7	88,5	Sojus 2	25.10.68	185	224			
57,7	88,6	Sojus 3	26.10.68	205	225			
65,1	89,6	209	22.3.68	250	282			

Abb. 5

Bahnneigung	Umlaufzeit	Nummer	Datum	Höhe											
				km	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
62,2	93,4	217	24.4.68	396	520										
62,3	94,8	248	19.10.68	490	551										
62,4	112,2	249	20.10.68	514										2177	
61,9	112,5	252	1.11.68	538										2172	
50,0	—	218	25.4.68	220											
50,0	—	244	2.10.68	212											
48,4	91,5	202	20.2.68	220	502										
48,5	91,1	215	19.4.68	261	428 (Astronomische Beobachtungen)										
48,4	104,7	219	26.4.68	222										1770	
48,4	108,3	221	24.5.68	220										2108	
48,4	92,2	225	11.6.68	257	530										
48,5	93,0	230	5.7.68	210	580										
48,5	100,3	259	14.12.68	219										1353	
48,5	95,2	262	26.12.68	263	818										
71,0	95,9	204	5.3.68	282	873										
71,0	92,3	222	30.5.68	277	528										
71,0	91,3	242	20.9.68	280	440										
71,0	92,1	245	3.10.68	282	509										
71,0	91,7	257	3.12.68	282	470										
71,0	93,1	261	20.12.68	217	670										
81,9	102,5	211	9.4.68	210										1574	
82,0	102,1	233	18.7.68	210											
56,0	96,6	236	27.8.68	600	655										
74,0	95,2	200	19.1.68	M 536											
74,1	108,4	203	20.2.68											M 1200	
74,0	99,2	220	7.5.68	670	760										
74,0	95,3	250	31.10.68	523	556										
74,1	109,3	256	30.11.68											1168	1234
81,0	97,0	206	14.3.68	M 630											
81,2	96,9	226	12.6.68	603	650										
63,0	11,52	260	16.12.68												39 600

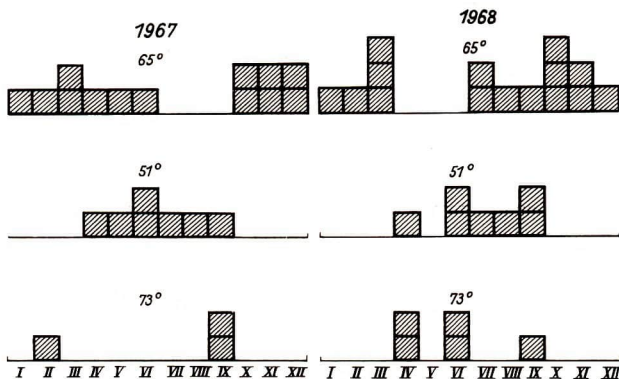


Abb. 4 a

Abb. 4 b

Kosmos 210 und 214 tauchten 1968 zum ersten Mal auf, sie besaßen Bahnneigungen von rund 82 Grad. Beide kehrten nach rund 8 Tagen zur Erde zurück. In Abb. 3 sind schematisch die Flugbahnen dieser Satelliten sowie die dazu noch notwendigen Angaben gegeben.

In den schematischen Abb. 4 a und 4 b sind die Satelliten der genannten Klassen in ihrer Verteilung auf die einzelnen Monate des Jahres sowohl für 1967 als auch für 1968 aufgeführt. Auffällig in beiden Jahren ist dabei, daß die Satelliten mit rund 51,8 Grad eine Häufung in der Jahresmitte zeigen, während bei denen mit 65 Grad Bahnneigung jeweils in der Jahresmitte eine Lücke auftritt. Diese Tatsache ist sehr wahrscheinlich auf jahreszeitlich bedingte Unterschiede, die für die Wahl der Bahnneigung entscheidend sind, zurückzuführen.

Als nächste Gruppe wären diejenigen Kosmos-Satelliten zu nennen, die der unbemannten Erprobung von Sojus-Raumschiffen dienen. Die beiden ersten des Jahres 1968 waren Kosmos 212 und 213, die unbemannt zum zweiten Mal eine automatische Kopplung ausgeführt haben. Kosmos 228 sowie Kosmos 238 waren ebenfalls unbemannte Sojus-Raumschiffe. Sie wurden aber jeweils einzeln eingesetzt. Während Kosmos 228 eine Lebenszeit von rund 12 Tagen hatte, wurde Kosmos 238 – wie später auch das Raumschiff Sojus 3 – nach rund 4 Tagen Erdumlauf zur Erde zurückgeführt.

Das auffällig Charakteristische für diese unbemannten Sojus-Raumschiffe besteht darin, daß ihre Bahnneigung ausnahmslos etwas kleiner ist als 51,8 Grad. Die entsprechenden Angaben können Abb. 5 entnommen werden. Alle im folgenden zu beschreibenden Gruppen mit Ausnahme von Kosmos 209, 218 und 244 hatten längere Lebenszeiten bzw. umkreisen noch unsere Erde. Sie sind auch nicht für die Rückführung vorgesehen.

Die erwähnten Kosmos-Satelliten 218 und 244 haben jeweils die Erde nur einmal umkreist, sehr wahrscheinlich führen sie Experimente für die aerodynamisch gesteuerte Landung durch.

Auffällig und uneinheitlich sind ferner die Satelliten Kosmos 217, 248, 249 und 252. Das Gemeinsame dieser vier Satelliten besteht neben ihrer fast identischen Bahnneigung von rund 62 Grad in der Tatsache, daß sie mit sogenannten Trägersatelliten auf eine Erdumlaufbahn gebracht worden sind. Mit dem Trägersatelliten gelangten sie zunächst auf eine tiefliegende Umlaufbahn im 150 bis 200 km Höhenbereich und erreichten dann durch ihren eigenen Antrieb eine andere Flugbahn.

Kosmos 217 und 248 kamen auf kreisähnliche Bahnen im Bereich von 500 km Höhe. Noch am Starttag erfolgte bei Kosmos 217 eine erneute Bahnänderung, die ihn auf eine tiefer liegende Flugbahn zwischen 144 und 262 km Höhe brachte, und 2 Tage danach beendete er seinen Umlauf. Die Bahnen von 249 und 252 sind stark exzentrisch, aber trotzdem fast identisch.

Interessant ist, daß bei der gewählten Bahnneigung von rund 62,2 Grad der Wert der Drehung der Knotenlinie eine Nullstelle hat. Das bedeutet, daß die Knotenlinie für längere Zeit räumlich still steht. Anders ausgedrückt heißt das, daß das Perigäum und Apogäum ständig über der gleichen geographischen Breite sozusagen stillsteht. Sicherlich will man mit

diesen Satelliten ganz spezielle Untersuchungen in der Hochatmosphäre durchführen, wobei ein ganz bestimmtes Gebiet überwacht werden soll.

Weiter zu nennen wären die acht Satelliten mit rund 48,5 Grad Bahnneigung. Derartige Satelliten sind ebenfalls schon seit 1962 im Einsatz. Ihr Start erfolgte vom Gelände Kapustin Jar. Es handelt sich hierbei sicherlich um die sogenannten kleineren Kosmos-Satelliten mit standardisierter Grundkonfiguration von etwa 1,80 m Länge und 1,20 m Durchmesser des Hauptkörpers. Zu ihrem Start wird die zweistufige Standard-Kosmos-Rakete von 30 m Länge und 1,65 m Durchmesser verwendet. Letztgesagtes trifft sicherlich auch auf die folgende Gruppe von Kosmos-Satelliten mit 71 Grad Bahnneigung bzw. auf die mit rund 82 Grad Bahnneigung zu. Diese werden allerdings von Plesetsk aus auf ihre Bahn gebracht.

Bei einem der Satelliten mit 48,5 Grad Bahnneigung ist die Aufgabenstellung bekannt geworden. Kosmos 215 war der erste sowjetische astronomische Satellit. Er war mit acht astronomischen Teleskopen von 80 mm Öffnung ausgerüstet. Mit ihm konnten erste Erfahrungen über den Einsatz von astronomischen Satelliten bei der Beobachtung stellarer Objekte im UV- und Röntgenstrahlungsbereich gewonnen werden. Durch ein aktives Lageorientierungs- und Lageregelungssystem konnte dieser Satellit auf bestimmte Himmelskörper oder Gegenden des Himmels ausgerichtet werden.

Der zur Gruppe der 71 Grad-Kosmos-Satelliten gehörende Kosmos-Nr. 261 war der „Sputnik der Freundschaft“. Es war der erste Satellit, der der gemeinsamen kosmischen Forschung der Wissenschaftler der Länder des sozialistischen Lagers diente. Mit ihm wurden vor allem Untersuchungen in den Polarlichtzonen – auch über die dortige Luftdichte und Luftdichtänderung – und über einfallende Partikel ausgeführt.

Die Flugbahnen der Satelliten der genannten drei Gruppen sind unterschiedlich und sehr wahrscheinlich der entsprechenden wissenschaftlichen Aufgabenstellung angepaßt.

Des weiteren wurden ein Satellit mit rund 56 Grad Bahnneigung und kreisähnlicher Bahn im 600 km Höhenbereich sowie fünf Kosmos-Satelliten mit 74 Grad Bahnneigung und ebenfalls kreisähnlichen Bahnen in verschiedenen Höhenbereichen gestartet. Zwei Kosmos-Satelliten, 206 und 226, waren Wettersatelliten, die im Meteor-System für meteorologische Zwecke eingesetzt wurden. Kosmos 260 schließlich hatte eine Bahn, die denen der Molnija-Satelliten entspricht. Es liegt deshalb nahe anzunehmen, daß mit diesem Satelliten weitere technologische Experimente zur Verbesserung des sowjetischen Nachrichtensystems Orbita ausgeführt worden sind.

Eine besondere Ausnahme stellt Kosmos 209 dar. (Sein einziger Vorgänger war Kosmos 198 aus dem Jahre 1967.) Der Start dieses Satelliten erfolgte von einer Trägerplattform aus. Vom 22. bis 28. März 1968 bewegte er sich in einer kreisähnlichen Bahn zwischen 250 und 282 km Höhe. Danach erfolgte eine Bahnänderung, die ihn auf eine kreisähnliche Bahn im Bereich zwischen 871 und 944 km brachte. Der Satellit befindet sich noch in der Erdumlaufbahn.

Von zwei weiteren sowjetischen Kosmos-Satelliten sind Einzelheiten über ihre Aufgabenstellungen bekannt geworden. Der am 13. November gestartete Kosmos 253 hatte als Hauptaufgabe die Untersuchung der Atmosphärendichte. Er war drei Tage nach der sowjetischen Sonde 6 gestartet worden. Bekanntlich erfolgte die Landung der Sonde nach zweimaligen aerodynamisch gesteuerten Abbremsungen in der Atmosphäre. Da bei der damaligen hohen Sonnenaktivität die Dichte der Atmosphäre relativ starken Schwankungen unterlag, war es notwendig, exakte Angaben über die Luftdichte zu erhalten. Das bildete die Voraussetzung für die Programmierung der automatischen Steuerungsanlage des Rückkehrkörpers der Sonde. Während seiner fünftägigen Lebenszeit hat Kosmos 253 ständig Meßwerte der Luftdichte zur Erde übertragen. Einen Tag nach der Landung von Sonde 6 wurde auch der Instrumentenbehälter von Kosmos 253 zur Erde zurückgeführt.

Von Kosmos 243 ist bekannt, daß mit seiner Hilfe meteorologische Untersuchungen nicht im sichtbaren Licht, sondern im Radiostrahlungsbereich gemacht worden sind. Mit Hilfe der erhaltenen Werte war es möglich, u. a. sogar Herde intensiver Niederschlagsgebiete aufzuspüren und auf der Erdoberfläche zu lokalisieren. Die Einbeziehung von Radiostrahlungsmessungen in die meteorologische Beobachtungspraxis mit Hilfe von Satelliten dürfte als ein weiterer wesentlicher Fortschritt zu werten sein. Wie schon oben beschrieben, wurde die Rückkehrkapsel nach 11 Tagen getrennt und zur Erde zurückgeführt, der Rest des Satelliten verglühte nach 19 Tagen.

Ältere bzw. vergriffene Hefte von „Astronomie und Raumfahrt“ suchen zu kaufen:

Wolfgang Seibt, 77 Hoyerswerda-Neustadt, Magistrale 55; Heft 5/1965.

Dipl.-Ing. Peter Güttler, 806 Dresden, Bischofsweg 22; Heft 5/1965, Heft 6/1966, Heft 5 und 6/1968.

Harald Bergmann, 324 Haldensleben, Gropenstraße 6; Heft 5/1965, Heft 2, 3, 4, 5/1967.

Westdeutschland beantragt Frequenznutzung für Satelliten

Am 1. Juli 1969 stellte Westdeutschland bei der IFRB (International Frequency Registration Board - Internationaler Ausschuss zur Frequenzregistrierung) den Antrag zur Frequenznutzung auf der Sendefrequenz 136,56 MHz für den Satelliten WIKI. Als Teil des westdeutsch-französischen Gemeinschaftsprojektes DIAL (Diamant-Allemagne), bei dem es auch um die Erprobung der französischen Trägerrakete „Diamant“ geht, plant Westdeutschland von Französisch-Guayana aus den Satelliten WIKI auf eine äquatoriale Bahn zu bringen. Die vorgesehene Startzeit ist Februar/März 1970.

Für einen Umlauf braucht der Satellit 105 Minuten; sein Perigäum soll 350 km und sein Apogäum 1685 km betragen. Der Satellit soll eine Betriebsfähigkeit von etwa 30 Tagen aufweisen. Während dieser Zeit wird der Sender des Satelliten abwechselnd für einen Umlauf in Betrieb und während zweier Umläufe außer Betrieb sein. Innerhalb der Sendezeit werden die wissenschaftlichen Daten und Betriebsparameter in Echtzeit-Telemetrie übertragen.

Sendefrequenz	136,56 MHz	Modulation P 9 G
Bandbreite	30 kHz	Antenne: Rundstrahler
Senderleistung	0,5 W	Antennengewinn 3 dB

Für den Funkempfang sind folgende Bodenstationen vorgesehen:

Kourou, Französisch-Guayana	CNES - Netz
Ouagadougou, Obervolta	CNES - Netz
Brazzaville, Republik Kongo	CNES - Netz
Nairobi, Kenia	San-Marko - Netz
Portaleza, Brasilien	CNES - Netz oder mobile Station der Westdeutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- u. Raumfahrt
Ascension, Englisch-Überseegebiet	Mobile Station der Westdeutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft und Raumfahrt

Mitteilung der Deutschen Post

Buchbesprechung: Taschenatlas der Sternbilder

Der vorliegende Taschenatlas ist eine sehr ansprechende und für die praktische Arbeit nützliche Veröffentlichung. Im Gegensatz zu den oft unhandlichen Sternkarten, die rasch verschleißen, ist ein Atlas der Sternbilder einfacher zu handhaben und erspart mit seinen Bemerkungen das Suchen und Zusammenstellen von Fakten.

Der einführende Text über die Grundlagen der Astronomie, den Aufbau und die Handhabung von Sternkarten sowie das Auffinden der Sternbilder ist allgemein verständlich. Die zahlreichen Abbildungen verdienen hervorgehoben zu werden.

Zur Orientierung am Sternhimmel sind 6 Übersichtssternkarten mit Beschreibungen für die einzelnen Jahreszeiten und die beiden Polgebiete vorhanden. Den Hauptteil des Taschenatlas nimmt der Kartenteil ein, der alle 88 Sternbilder umfaßt. Jedes Sternbild ist auf einer Karten-tafel von 103 mal 162 mm Größe abgebildet, wobei die Farbgebung und der Aufbau sehr übersichtlich und ansprechend gehalten sind. So werden z. B. die benachbarten Sternbilder gekennzeichnet, die Namen der Sterne sind verzeichnet, und bei den meisten Sternen ist auch die Entfernung in Lichtjahren vermerkt. Die Farbgebung der Sterne unterscheidet sich nach deren Entfernungen: weiß bis 100 Lichtjahre, orangefarben von 100 bis 1000 Lichtjahre. Die Kartenblätter enthalten die Sterne bis zur 5. Größe auf blauem Untergrund, zum schnelleren Zurechtfinden werden die Sternbilder farblich unterschieden, je nachdem es sich um das nördliche, südliche oder um das äquatoriale Himmelsgebiet handelt. Bei der Kennzeichnung von Doppelsternen, Veränderlichen, Sternhaufen, Nebeln und Galaxien wurde eine Auswahl getroffen und zwischen Objekten unterschieden, die mit bloßem Auge bzw. mit dem Feldstecher oder mit dem Fernrohr zu sehen sind.

Für jedes Sternbild steht auf der gegenüberliegenden Seite Raum für Erläuterungen über die mythologische Bedeutung, die Entfernungen und vor allem über die astrophysikalische Beschaffenheit der Sterne zur Verfügung.

Fachworterklärungen, ein alphabetisches Verzeichnis der Sternnamen und ein Verzeichnis der Sternbilder beschließen dieses gelungene und für die praktische Arbeit des Lehrers und Amateurastronomen zu empfehlende Werk.

A. ZENKERT

Taschenatlas der Sternbilder · Text (in deutscher Sprache) von Josef Klepešta, illustriert von Antonín Růžek.

Artia Verlag, Prag, 1968 · 10,- Mark.

Zu beziehen vom Haus der tschechoslowakischen Kultur in Berlin, Friedrichstraße.

Astronomie und Raumfahrt

EVP 1,50 M PZV 31052

15083
1123
H.D. Heininger
Charlottestr. 15
111-Berlin

*Dr.
B. Zent*



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Ergebnisse der Pulsarforschung · Dr. <i>Siegfried Marx</i>	165
Neues Riesenteleskop	167
Reise zum Pluto mit Hilfe der Swingby-Technik · <i>Karl-Heinz Neumann</i>	168
Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1970 · Dr. <i>Siegfried Marx</i> ..	171
Amateure beobachten und berichten	
Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. Vierteljahr 1969 · <i>H. Schütz</i>	176
Leuchterscheinungen am Nachthimmel	177
Besuch der Sternwarte Wroclaw	177
Bildseiten	
Fotos von Apollo 9 und 11	178–182
Vom Mondkult bis Apollo 11. Zeittafel zur Geschichte der Mondforschung	183
Aus der Literatur	
Sternbedeckungsbeobachtungen	186
Das Problem der Venustemperatur	187
Woher kommen die Meteoriten? – Immer wieder: Leben auf dem Mars? – Zur Eigenrotation des Merkur	188
Zweite Weltraumfunk-Konferenz für 1971 einberufen	189
Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Manövriergeräte für Außenbordtätigkeit · <i>H. Swart</i>	190
Die Entwicklung des Höhenrekords vom ersten Heißluftballon bis Apollo 10 · <i>H. Swart</i>	193
Intelsat IV · <i>H. D. Naumann</i>	196

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur); Prof. Dr. Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; OMR Dr. Karl Sigmund; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1969 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: VEB Druckerei der Werktätigen, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Ergebnisse der Pulsarforschung

Dr. SIEGFRIED MARX

Im Heft 1/1969 von „Astronomie und Raumfahrt“ wurde erstmals über Pulsare berichtet. Seit Hewish und Mitarbeiter am 24. 2. 1968 die Entdeckung eines Pulsars veröffentlichten – sie taten das erst einige Monate nach Erhalt der ersten Beobachtung, um sich ihrer Ergebnisse völlig sicher zu sein – ist über Pulsare soviel gearbeitet worden, daß man heute einiges, was damals als Möglichkeit genannt wurde, als sicher bezeichnen kann.

Die Entdeckung der Pulsare, die von Hewish als echte Radiosterne bezeichnet werden, gelang deshalb 1967, weil drei notwendige Bedingungen gleichzeitig erfüllt waren:

Es stand ein Radioteleskop mit großer Empfängerfläche zur Verfügung. Dies ist notwendig, da Pulsare nur Strahler geringer Intensität sind.

Dieses Teleskop war mit einer Nachweiseinrichtung gekoppelt, die in der Lage war, den schnellen Intensitätsänderungen (die bekannten Pulsare haben Perioden von 0,033 sek. bis 3,74 sek. und Pulsdauern von Millisekunden) zu folgen.

Mit der Beobachtungseinheit wurden kontinuierliche Überwachungen bestimmter Himmelsgebiete durchgeführt. Dies ist notwendig, weil Pulsare nicht immer gleichmäßig stark emittieren (s. Abb. 2).

Es sollen nun einige Ergebnisse mitgeteilt werden, die man aus den Beobachtungen der bis Juli 1969 bekannt gewordenen 32 Pulsare gezogen hat und die über die Mitteilungen im Heft 1/1969 hinausgehen.

1. Die Pulsfolgen der bekannten Pulsare liegen zwischen 0,033 sek und 3,74 sek., die Pulsweiten für diese Objekte zwischen 0,006 sek. und 0,2 sek. Es ist eine Korrelation zwischen den Periodenlängen und der Pulsdauer vorhanden, wie man in Abb. 1 erkennen kann.
2. Die maximale Intensität der Einzelpulse ist nicht immer gleich stark. Abb. 2 zeigt z. B. den Verlauf der Spitzenintensitäten im Zeitraum 1967 August bis 1968 Januar.
3. Die genaue Beobachtung der Periodenlängen ergab, daß bei mindestens 5 Pulsaren der Pulsabstand mit der Zeit zunimmt. Dieser Zuwachs der Periodenlänge ist am größten bei dem Pulsar NP 0532. Das ist der Pulsar mit der kürzesten bekannten Periode ($P = 0,03309114$ sek.).
4. Da die Strahlungsintensität der Pulsare sehr gering ist und wenig über der Nachweisgrenze der Beobachtungseinrichtungen liegt, ist die Bestimmung der exakten Position an der Sphäre sehr schwer. Das erschwert auch die Identifizierung mit optischen Objekten.

Zu Beginn des Jahres 1969 gelang aber der optische Nachweis – inzwischen mehrfach bestätigt – des Pulsars NP 0532. Entscheidend für die Identifizierung war, daß der optische Strahler einen periodischen Lichtwechsel zeigt, der mit der Pulsperiode des Pulsars übereinstimmt (P (Pulsar) = $0,03309114$; P (optisch) = $0,0330955$ sek.). Der Pulsar NP 0532 liegt inmitten des Crab-Nebels, des Überrestes der galaktischen Supernova aus dem Jahre 1054.

Abb. 1

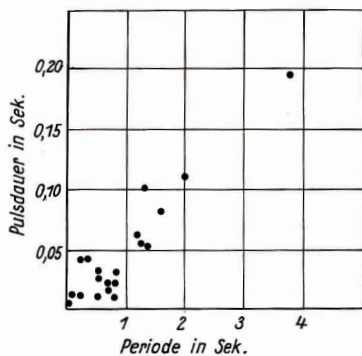


Abb. 2

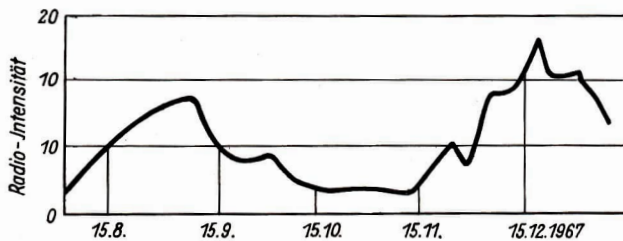
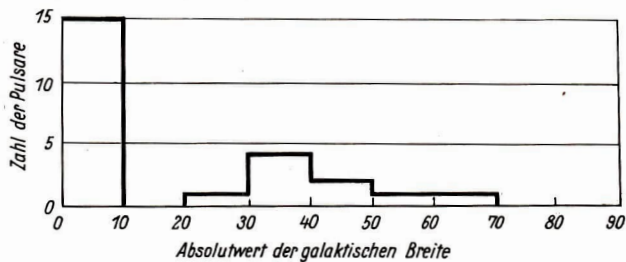


Abb. 3



Inzwischen gelang auch der Nachweis der optischen Pulsation des Pulsars NP 0527 (Periode 3,745 sek.). Dieser Pulsar liegt 1,5^o entfernt von NP 0532.

5. Die Frage, ob Pulsare galaktische oder extragalaktische Objekte sind, darf man wohl auch als gelöst betrachten. Unter der Annahme, daß die Elektrodendichte im interstellaren Raum 0,1 Elektron pro cm³ ist – diese Dichte folgt aus theoretischen Überlegungen – ergeben sich für die bekannten Pulsare Entfernungen von 30 pc bis 1500 pc. Ein weiteres starkes Argument dafür, daß Pulsare Mitglieder unseres Milchstraßensystems sind, ist ihre Konzentration zur Äquatorebene des Milchstraßensystems (s. Abb. 3).
6. Für die theoretische Deutung der Pulsare gewannen die Neutronensterne immer mehr an Überzeugungskraft, so daß man heute eigentlich sicher ist, in den Pulsaren die von der Theorie vorhergesagten Neutronensterne vor sich zu haben.

Wenn ein Stern zu einem Neutronenstern wird, d. h. wenn er unter anderem seinen Durchmesser ganz erheblich verkleinert auf ein Zehn- oder ein Hunderttausendstel, muß er nach dem Satz von der Erhaltung des Drehimpulses sehr rasch zu rotieren beginnen. Aus theoretischen Überlegungen folgt, daß ein gerade entstandener Neutronenstern sich bis zu tausendmal in der Sekunde um seine Achse drehen kann. Wird nun diese ungeheure Rotationsenergie (sie kann bis zu 10^{52} erg betragen; im Vergleich dazu strahlt unsere Sonne pro Sekunde „nur“ $3,86 \cdot 10^{33}$ erg ab) in Strahlung umgesetzt, verlangsamt sich die Rotation allmählich. Für den Mechanismus der Umsetzung der Rotationsenergie in Strahlung hat u. a. Gold eine Theorie aufgestellt (s. „Astronomie und Raumfahrt“ 3/1969 „Neues über Pulsare“).

Nach der Annahme, daß Pulsare Neutronensterne sind, müßten sie von der Theorie her drei charakteristische Eigenschaften zeigen:

- a) Sie müssen am Ort von Supernovaresten auftreten, da Neutronensterne als Ergebnis von Supernovaexplosionen entstehen können. (s. dazu Pkt. 4).
- b) Die Periode der Pulsare muß langsam zunehmen infolge Abnahme der Rotationsenergie und damit Verlangsamung der Rotation. (s. dazu Pkt. 3).
- c) Die kurzen Perioden müssen mit kurzen Pulsdauern gekoppelt sein – ein Leuchtturm mit einem schnell rotierenden Lichtsignal blinkt kürzer als ein Leuchtturm mit einem langsam rotierenden Lichtsignal. (s. dazu Pkt. 1 und Abb. 1).

Seit der Entdeckung der Pulsare sind, wie die teilweise gute Übereinstimmung von Theorie und Beobachtung zeigt, viele Probleme gelöst worden. Trotzdem werden hier noch viele offene Fragen zu klären sein, und unsere Zeitschrift wird regelmäßig weiter darüber berichten.

Neues Riesenteleskop

Bald vollendet wird das 6,10 m-Spiegelteleskop sein, das sich zur Zeit in der UdSSR im Bau befindet. Am zukünftigen Aufstellungsort des Riesenteleskopes am Südhang des Kaukasus nordwestlich von Tiflis bei dem Ort Selintschuk (1830 m Höhe) wird mit Nachdruck gearbeitet. Eine Eigenart des 700 t schweren Instrumentes wird seine azimutale Montierung sein. Mit Hilfe einer elektronischen Steuerungsanlage soll das Fernrohr der scheinbaren Bewegung der Sterne nachgeführt werden.

Die größten z. Z. in Betrieb befindlichen Spiegelteleskope sind der 5 m-Spiegel $f = 17$ m auf dem Mt. Palomar und der 3 m-Spiegel der Lick-Sternwarte.

J. CLASSEN

Reise zum Pluto mit Hilfe der Swingby-Technik

KARL-HEINZ NEUMANN

Kürzlich meldete die Sowjetunion, daß in einem westsibirischen Institut bereits an der Ausarbeitung von Flugbahnen für die Entsendung unbemannter Forschungsraumflugkörper in die Nachbarschaft des Pluto, des sonnenfernsten Planeten, gearbeitet wird. Normalerweise würde ein Raumflugkörper, der von der Erde gestartet, auf einer normalen elliptischen Flugbahn, wie sie z. B. für die Erreichung unserer beiden Nachbarplaneten schon angewendet worden ist, etwa 30 Jahre unterwegs sein. Es gibt aber eine Möglichkeit, diese Flugzeit beträchtlich zu verkürzen. Sie besteht darin, natürliche Kräfte — in diesem Fall die Gravitation anderer Planeten, speziell der Riesenplaneten unseres Sonnensystems — zur Beschleunigung dieser Sonde auszunutzen.

Die Tatsache ist theoretisch schon viele Jahre bekannt. In der englischsprachigen Literatur existiert hierfür der Ausdruck Swingby-Technik; es gibt noch keinen entsprechenden deutschsprachigen Fachausdruck — übersetzen könnte man ihn etwa mit „Vorbeischwingtechnik“.

Es geht dabei darum, daß durch die Gravitationswirkung eines Himmelskörpers die Geschwindigkeit eines Raumflugkörpers entweder beschleunigt oder abgebremst werden kann.

Um das zu verstehen, müssen einige grundlegende Erläuterungen folgen. Wie schon seit Newton bekannt ist, $\propto$ ummt die Gravitation proportional dem Quadrat des Abstandes eines Himmelskörpers ab.

Die Gravitationsfelder der Himmelskörper durchdringen sich aber gegenseitig. So ist z. B. die Gravitationswirkung des Mondes auf die Erde bei Ebbe und Flut deutlich spürbar. Für die Wirkung dieser Gravitation auf einen sich frei im kosmischen Raum bewegendes Raumflugkörper kann man aber eine theoretische Vereinfachung mit der Einführung der sogenannten Wirkungssphäre der Gravitation eines Himmelskörpers erreichen. Unter dem Begriff Wirkungssphäre versteht man den Bereich um das Massenzentrum eines Himmelskörpers, in dem die Flugbahn eines Raumflugkörpers im wesentlichen durch die Gravitationskräfte dieses Himmelskörpers bestimmt wird. Jeder Himmelskörper hat demzufolge seine Wirkungssphäre. Die der Erde z. B. reicht bis zu einem Abstand von knapp 1 Mio. km, danach überwiegen die Anziehungskräfte der Sonne. Eingebettet in diese Wirkungssphäre der Erdgravitation ist diejenige des Mondes, die vom Mondmassenmittelpunkt einen Abstand von etwa 66 000 km hat.

Betrachten wir nun die Bewegung eines Raumflugkörpers in dieser Wirkungssphäre: Man könnte zu der Auffassung kommen, daß — nach dem Eindringen in die Wirkungssphäre — der Raumflugkörper beschleunigt wird, seine größte Geschwindigkeit beim Passieren des Himmelskörpers erreicht und danach, wenn er sich wieder von ihm entfernt, diese Geschwindigkeit des Raumflugkörpers durch die Gravitationswirkung wieder reduziert wird. Nach dieser einfachen Vorstellung würde also beim Entweichen aus der Wirkungssphäre eines Himmelskörpers ein Raumflugkörper die gleiche Geschwindigkeit haben wie beim Eintritt. Dieser Fall

könnte allerdings nur dann eintreten, wenn der Himmelskörper bezüglich der Raumsonde ruhen würde. Daß das aber sowohl beim Mond als auch bei allen anderen Planeten nicht der Fall ist, dürfte bekannt sein.

Da sich also das Massenzentrum und damit praktisch auch die Wirkungssphäre der Gravitation relativ zum Raumflugkörper bewegt, ist es möglich, durch die Gravitation Beschleunigungen oder Verzögerungen relativ zur Erde oder relativ zur Sonne zu erzeugen.

Es gibt bisher erst ein einziges Unternehmen, bei dem dieses Prinzip in der Praxis erprobt wurde. Dieses Unternehmen fällt sogar in die „Frühzeit“ der Raumfahrt, es war der Flug der sowjetischen Sonde Luna 3, die zum ersten Mal die Rückseite des Mondes fotografierte. Diese Sonde wurde auf eine Flugbahn gebracht, die ohne die Einwirkung des Mondes einer Ellipse entsprochen hätte, die ihren erdfernsten Punkt etwa in Mondentfernung und ihren erdnächsten Punkt praktisch innerhalb des Erdkörpers gehabt hätte. (Der Start erfolgte direkt von der Erdoberfläche ohne Zuhilfenahme einer Parkbahn.) Durch den Vorbeiflug am Mond wurde diese Flugbahn bewußt so verändert, daß die Sonde zur Ausführung ihrer Aufgaben, nämlich zur Fotografie der Rückseite, erst einmal hinter den Mond gelangte. Durch die Mondgravitation war eine neue elliptische Flugbahn, allerdings in entgegengesetzter Krümmungsrichtung entstanden. Der erdnächste Punkt dieser neuen Ellipse lag in 47 500 km und der erdfernste in 470 000 km.

Um eine höher liegende Bahn zu erreichen, braucht man mehr Energie. Diese Energie stammt bei diesem Unternehmen aus der bewußten Ausnutzung der Mondgravitation.

In gleichem Maße ist es durch den Vorbeiflug an anderen Planeten möglich, Energie zu gewinnen oder, anders gesagt, die Geschwindigkeit des Raumflugkörpers zu erhöhen.

Bei einem Vorbeiflug innerhalb der Wirkungssphäre der Gravitation ist die Flugbahn des Raumflugkörpers relativ zum Himmelskörper in jedem Fall ein Ast einer Hyperbel. Fliegt man so in die Wirkungssphäre ein, daß nach dem Durchlaufen des planetennächsten Punktes — also nach dem Durchlaufen der stärksten Krümmung des Hyperbelastes — die Ausflughahn in der Bewegungsrichtung des Himmelskörpers liegt, erhält man die größte Beschleunigung. Liegt die Ausflughahn in der entgegengesetzten Richtung, kann man die größte Verzögerung erzielen. Daraus läßt sich erkennen, daß man die Gravitationsfelder der Planeten oder auch des Mondes zur Beschleunigung oder zur Bremsung von Raumflugkörpern auf interplanetaren Reisen benutzen kann.

Das von der Sowjetunion geplante Unternehmen der Entsendung einer Pluto-Sonde, ist, zeitlich gesehen, nur für eine relativ kurze Periode möglich, wenn man die maximalen Möglichkeiten der Beschleunigung dieser Sonde durch andere Planeten nutzen will. Die zu benutzenden Planeten sowie der Zielplanet müssen eine ganz bestimmte Stellung zueinander haben. Für das Jahr 1978 ergibt sich die günstige Möglichkeit, eine Sonde zuerst vom massereichsten Planeten unseres Systems, dem Jupiter, danach vom Saturn und schließlich noch durch den Uranus beschleunigen zu lassen. Durch diese dreimalige Geschwindigkeitserhöhung kann man erreichen, daß die normalerweise 30jährige Flugzeit auf insgesamt 9 Jahre verkürzt wird. Auf die nächste derartige Gelegenheit müßte man über 150 Jahre warten.

In den Jahren um das Ende des nächsten Jahrzehnts gibt es wegen der günstigen Relativstellung von Jupiter und Saturn noch eine Reihe weiterer Gelegenheiten, die äußeren Planeten durch Sonden zu untersuchen, die zumindest durch Jupiter und Saturn beschleunigt werden.

Diese Jahre sind also für die Ausführung verschiedenster Swingby-Manöver äußerst günstig.

Wie man sich leicht überlegen kann, ist die technische Meisterung derartiger Unternehmen sehr schwierig. Als erste wesentliche Größe für den Wert der Beschleunigung, die durch den Vorbeiflug erzielt werden kann, zeigt sich die Masse des Planeten. Nun kennt man zwar die Massen der großen Planeten relativ gut, aber die aus astronomischen Berechnungen bestimmten Massen zeigen immer noch gewisse Fehler. Es wird deshalb wohl unerlässlich sein, vorher noch genauere Bestimmungen der Masse auszuführen, was durch die Entsendung von Raumflugkörpern in die Nachbarschaft dieser Planeten am genauesten zu erreichen ist.

Die nächste wesentliche Größe, die die Beschleunigung und die Flugrichtung beim Verlassen der Wirkungssphäre des Planeten bestimmt, ist die genaue Erreichung eines vorgegebenen Einflugkanals in die Wirkungssphäre der Gravitation des Planeten. In die Bestimmung der Wirkungssphäre geht aber wiederum die Masse des Planeten ein. Schließlich hängt der Wert der Beschleunigung noch von dem geringsten Abstand, der beim Vorbeiflug erreicht wird, ab. Je dichter die Sonde an den Planeten herankommt, desto größer ist ihre Beschleunigung. Um hier die optimale Lösung zu finden, muß der Durchmesser des Planeten mit hoher Genauigkeit bekannt sein. Zum anderen muß man sehr exakte Vorstellungen über die Atmosphäre, ihre Dichte und Ausdehnung haben, denn bei zu dichtem Vorbeiflug kann die Hochatmosphäre des Planeten eine bremsende Wirkung haben. Zur Erlangung auch dieser Kenntnisse würde die vorherige Entsendung von unbemannten Sonden die günstigste Lösung sein.

Da wir es hierbei schon mit Entfernungen von der Größenordnung von Milliarden Kilometern zu tun haben, muß die Technik der Ortung und Bahnverfolgung einen bedeutend höheren Genauigkeitsgrad aufweisen, als es für Flüge zu unseren Nachbarplaneten der Fall ist. Unerlässlich wird es außerdem sein, daß diese Sonden auch Bahnkorrekturtriebwerke besitzen, um kleinere Ungenauigkeiten, die bei diesen Riesenflugstrecken gewaltige Auswirkungen haben würden, korrigieren zu können.

Ein weiteres Problem ist die Energieversorgung. Die bisher bei Planetensonden eingesetzten Solarzellen dürften bereits in der Entfernung des Jupiters nicht mehr rentabel genug arbeiten, denn die Strahlungsintensität der Sonne nimmt bekanntlich mit dem Quadrat der Entfernung ab. Isotopen-Batterien oder vielleicht sogar kleinere Kernreaktoren müßten bei diesen Unternehmen eingesetzt werden.

Für die Funkverbindung und Bahnortung soll bei dem geplanten sowjetischen Unternehmen Laser-Strahlung zur Anwendung kommen. Laser-Strahlung läßt sich in bedeutend stärkerem Maße als Funkwellen bündeln. Als Empfänger auf der Erde müßten dann die größten Teleskope der Welt — z. B. auch das im Bau befindliche Spiegelteleskop der Sowjetunion von 6 Metern Durchmesser — eingesetzt werden.

Man erkennt also, daß noch wesentliche technische Entwicklungen und Verbesserungen notwendig sind, um dieses Unternehmen des Pluto-Fluges ausführen zu können. Daß die Sowjetunion schon jetzt an diesem Projekt arbeitet, zeugt von der Langfristigkeit der Planung der sowjetischen Raumfahrt. Wenn man die bisherige Entwicklung der Raumfahrt betrachtet, so kann man vorausschauend einschätzen, daß es der Sowjetunion sicher gelingen wird, in den neun Jahren, die noch bis zum möglichen Starttermin verbleiben, die technischen Schwierigkeiten und Probleme zu meistern.

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1970

Dr. SIEGFRIED MARX

Oft gewinnt ein Mensch durch die zufällige Beobachtung eines besonderen Ereignisses am Sternenhimmel Interesse an astronomischen Fragen. Viel günstiger ist es aber, wenn man sich auf die Beobachtung bestimmter Konstellationen und Ereignisse vorbereitet und sie deshalb in ihrer ganzen Vielfalt in Ruhe betrachten kann. Eine Vorschau auf einige derartige besondere Erscheinungen am Sternenhimmel für 1970 soll dieser Beitrag geben.

Finsternisse

1970 finden zwei Sonnen- und zwei Mondfinsternisse statt.

1. Eine partielle Mondfinsternis am 21. Februar ist im mitteleuropäischen Raum nicht zu beobachten. Ihr Sichtbarkeitsgebiet umfaßt Nord- und Südamerika, den Nordwestatlantik, den Pazifik, Neuseeland, Ostaustralien, Nordostasien sowie die Arktis. Aber auch in diesen Gebieten wird die Finsternis unbedeutend sein, denn der Mond tritt nur mit fünf Hundertstel seines Durchmessers in den Kernschatten der Erde ein.

Den zeitlichen Verlauf gibt die folgende Tabelle:

Eintritt des Mondes in den Halbschatten	6 ^h	59 ^m	MEZ
Eintritt des Mondes in den Kernschatten	9 ^h	03 ^m	MEZ
Mitte der Finsternis	9 ^h	30 ^m	MEZ
Austritt des Mondes aus dem Kernschatten	9 ^h	58 ^m	MEZ
Austritt des Mondes aus dem Halbschatten	12 ^h	02 ^m	MEZ

2. Am 7. März 1970 findet die einzige totale Sonnenfinsternis des Jahres statt. Auch dieses interessante Ereignis ist in Europa nicht sichtbar, und viele Astronomen werden wieder in die schmale Totalitätszone reisen. Sie verläuft vom Nordatlantik südlich von Island über Neufundland, Neuschottland knapp vor der USA-Ostküste durch den Golf von Mexiko, überquert das mittelamerikanische Festland im Süden Mexikos und endet im Pazifik.

Den zeitlichen Verlauf ersieht man aus der folgenden Tabelle:

Beginn der Finsternis	16 ^h	04 ^m	MEZ
Anfang der zentralen Finsternis	17 ^h	05 ^m	MEZ
Ende der zentralen Finsternis	20 ^h	11 ^m	MEZ
Ende der Finsternis	21 ^h	11 ^m	MEZ

3. Am 17. August 1970 findet die einzige Finsternis statt, die vom mitteleuropäischen Raum aus sichtbar ist. Es handelt sich um eine partielle Mondfinsternis. Der Erdschatten dringt fast bis zur Mitte der Mondscheibe vor, so daß die Finsternis im Maximum den Wert 0,413 erreicht. Das große Sichtbarkeitsgebiet umfaßt Europa, Afrika, den Atlantik, Nord- und Südamerika, den Ostpazifik und die Antarktis.

Die folgende Tabelle gibt den zeitlichen Verlauf:

Eintritt des Mondes in den Halbschatten	2 ^h	07 ^m	MEZ
Eintritt des Mondes in den Kernschatten	3 ^h	17 ^m	MEZ
Mitte der Finsternis	4 ^h	24 ^m	MEZ
Austritt des Mondes aus dem Kernschatten	5 ^h	30 ^m	MEZ
Austritt des Mondes aus dem Halbschatten	6 ^h	40 ^m	MEZ

4. Am 31. August/1. September 1970 tritt der Mond abermals zwischen Erde und Sonne. Am 31. August um 2.00 Uhr MEZ befindet sich der Mond aber in der Erderferne. Dadurch ist der scheinbare Durchmesser des Mondes um geringes kleiner als der scheinbare Durchmesser der Sonne. Deshalb kann der Mond nicht die gesamte Sonnenscheibe abdecken und es kommt zu einer ringförmigen Sonnenfinsternis. Die Zone, in der die Finsternis ringförmig sichtbar ist, verläuft fast ausschließlich über den pazifischen Ozean. Nur einige Neu-Guinea vorgelagerte Inseln werden mit erfaßt.

Der zeitliche Verlauf ist durch folgende Tabelle gegeben:

Anfang der Finsternis	31. 8. 1970	20 ^h	00 ^m	MEZ
Anfang der zentralen Finsternis	31. 8. 1970	21 ^h	15 ^m	MEZ
Ende der zentralen Finsternis	1. 9. 1970	0 ^h	35 ^m	MEZ
Ende der Finsternis	1. 9. 1970	1 ^h	50 ^m	MEZ

Abb. 1: Sichtbarkeitsperioden der Planeten für 1970, sowie ihre scheinbaren Helligkeiten in diesem Zeitraum.

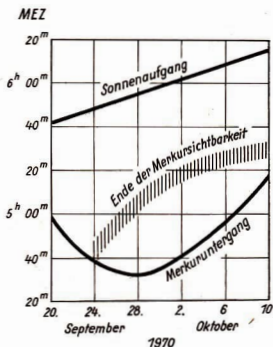
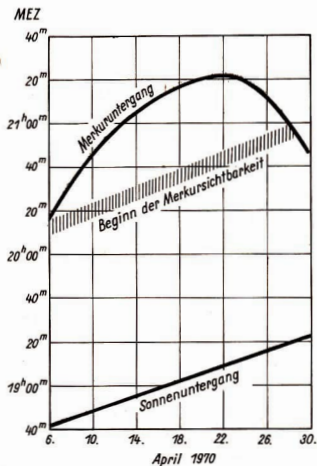
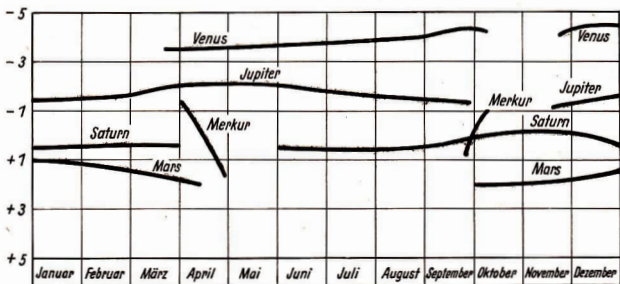
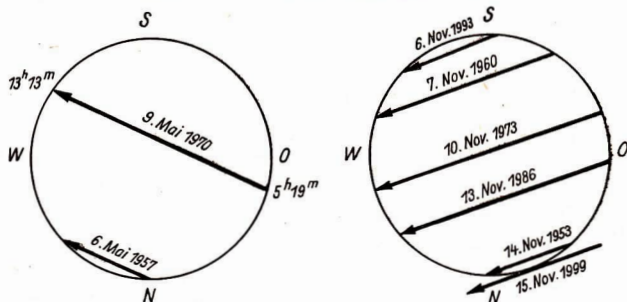


Abb. 2: Merkursichtbarkeit im April und im September/Oktober 1970. Aus den Skizzen sind für die entsprechenden Zeiträume der Sonnenuntergang und der Merkuruntergang bzw. die Aufgangszeiten zu entnehmen. Weiterhin ist ablesbar, wann etwa nach Sonnenuntergang (April) der Merkur sichtbar wird bzw. wann vor Sonnenaufgang (September/Oktober) seine Sichtbarkeit in der Morgendämmerung zu Ende geht.

Abb. 3: Merkurdurchgänge in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts.



Planetensichtbarkeiten (allgemein)

Die Planeten sind bekanntlich nicht zu allen Zeiten des Jahres zu beobachten. Wegen ihrer unterschiedlichen Abstände von der Sonne und ihrer unterschiedlichen Bahngeschwindigkeiten kommen sie der Sonne auf ihrer scheinbaren Bahn zeitweise so nahe, daß sie am Taghimmel nicht beobachtbar sind.

Durch die Bewegung der Planeten auf den unterschiedlichen Bahnen ändert sich auch ihr Abstand zur Erde. Dadurch variiert die scheinbare Helligkeit der im reflektierten Sonnenlicht strahlenden Planeten. Bei der Venus und bei Merkur kommt neben der Abstandsänderung noch ein Phasenwechsel hinzu, der ebenfalls Helligkeitsschwankungen mit sich bringt.

Aus Abb. 1 gehen nicht nur die Sichtbarkeitsperioden der mit dem bloßen Auge sichtbaren Planeten hervor, sondern auch deren unterschiedliche scheinbare Helligkeiten zu den verschiedenen Zeiten des Jahres 1970. Die Venus können wir von Ende März bis Anfang Oktober beobachten. In dieser Zeit ist der Planet am Abendhimmel nach der untergehenden Sonne zu sehen. Von Anfang Oktober bis Anfang Dezember bleibt die Venus dann unsichtbar. Im Dezember kann man sie wieder auffinden, nun aber am Morgenhimmel vor der aufgehenden Sonne.

Der Mars ist bis Anfang April am westlichen Abendhimmel sichtbar. Seine Helligkeit nimmt in dieser Zeit (Januar bis April) um etwa eine Größenklasse ab. Im letzten Quartal des Jahres 1970 ist der Mars wieder beobachtbar, dann aber am östlichen Morgenhimmel. In dieser Zeit nimmt seine scheinbare Helligkeit nur unwesentlich zu.

Der Jupiter hat neben der Venus die längste Sichtbarkeitsperiode, denn nur vom 1. Oktober bis Mitte November kann man ihn nicht am Himmel finden. Seine scheinbare Helligkeit nimmt bis April hin zu. Im April hat er mit -2 Größenklassen seine maximale Helligkeit. In den folgenden Monaten nimmt die scheinbare Helligkeit dann wieder stetig ab.

Der Saturn ist im 1. Quartal am Abendhimmel als Objekt 0,5. Größe sichtbar. Dann bleibt er bis Anfang Juni unsichtbar. In der zweiten Hälfte des Jahres kann man ihn mit zunehmender scheinbarer Helligkeit finden. Seine Maximalhelligkeit erreicht er im November mit der 0. Größenklasse.

Perioden der Merkursichtbarkeit

Die Beobachtbarkeit des Merkur ist immer sehr schwierig, da dieser Planet wegen seiner engen Bahn um die Sonne nur geringe Winkelabstände von ihr erreichen kann. Die größte Differenz zwischen der Sonne und dem Merkur kann nur 28° betragen. Aber nicht jeder Maximalabstand des Merkur ergibt auch eine günstige Beobachtungsperiode; wenn die Ekliptik einen flachen Winkel mit dem Horizont bildet, ist die Differenz der Auf- bzw. Untergangszeiten von Merkur und Sonne trotz großem Winkelabstand klein. Das bedeutet, daß für günstige Merkurbeobachtungsperioden auch die Steilheit der Ekliptik zum Horizont wichtig ist. Des weiteren ändert der Merkur seine Entfernung zur Erde schnell und stark, was eine schnelle Änderung der scheinbaren Helligkeit des Planeten zur Folge hat.

1970 gibt es zwei relativ gute Sichtbarkeitsperioden für den Merkur. Die erste im April ist die beste. Die Sichtbarkeitsdauer steigt beginnend mit dem 8. April rasch an und beträgt um den 18. des Monats etwa 45 Minuten. Zu dieser Zeit wird der sonnennahe Merkur um $20^h 40^m$ MEZ sichtbar und geht um $21^h 20^m$ unter. An diesem Tage hat Merkur mit 20° auch seine größte östliche Elongation in dieser Periode. In den folgenden Tagen nimmt die Sichtbarkeitsdauer dann sehr rasch wieder ab und am 28. April kann Merkur schon nicht mehr beobachtet werden. Während der gesamten Sichtbarkeitsperiode des Merkur nimmt seine scheinbare Helligkeit rapide ab. Hat der Planet um den 10. April eine scheinbare Helligkeit von -1 Größenklasse, so beträgt sie am Monatsende nur noch $+1,7$ Größenklassen, also fast drei Größenklassen weniger als am Monatsanfang.

Die zweite, aber wesentlich schlechtere Sichtbarkeitsperiode des Merkur liegt Ende September bis Anfang Oktober. In dieser Zeit wächst die scheinbare Helligkeit des Planeten von $0,5$ Größenklassen auf -1 Größenklassen. Der Merkur befindet sich in dieser Periode westlich der Sonne und geht also vor ihr am Morgenhimmel auf. Am 28. des Monats ist die Aufgangszeit etwa $4^h 30^m$, bis etwa 5^h könnte der Planet sichtbar sein. Am 28. September steht der Merkur in der größten westlichen Elongation (18°).

Interessante Planetenbewegung

Im April 1970 kann man im Sternbild Widder am westlichen Abendhimmel eine interessante Planetenstellung beobachten. Der Merkur ist in seiner besten Sichtbarkeitsperiode genau wie die Venus Abendstern und wie diese in der rechtläufigen Bewegungsphase. Beide bewegen sich mit großer Winkelgeschwindigkeit an Mars und Saturn vorbei. Dabei eilt die Venus voraus und wird vom Merkur nicht eingeholt. Vier der mit bloßem Auge sichtbaren Planeten sind also dicht beieinander aufzufinden.

Merkurdurchgang vom 9. Mai

Durchgänge der inneren Planeten vor der Sonne können nur zu Zeiten stattfinden, die wir als untere Konjunktion bezeichnen, d. h. zu Zeiten, da der innere Planet auf seiner Bahn die Erde überholt. Dieses Ereignis tritt relativ häufig ein. Aber nicht jede untere Konjunktion ist auch ein Planetendurchgang. Die Ursache dafür ist die Neigung der Planetenbahn gegen die Erdbahn. Die Venus hat eine Bahnneigung von $3,4^\circ$ und der Merkur von 7° . Bei einem scheinbaren Durchmesser der Sonne von $0,5$ bewegt sich der innere Planet bei der unteren Konjunktion also im allgemeinen oberhalb oder unterhalb der Sonnenscheibe zwischen der Erde und der Sonne hindurch.

Ist die untere Konjunktionsstellung die eine Bedingung für einen Durchgang, so muß als zweite Bedingung die Sonne zu diesem Zeitpunkt dem Knoten der Planetenbahn sehr nahe stehen, d. h. dem Punkt, an dem der Planet die Erdbahnebene passiert.

Hinsichtlich Merkur steht die Sonne auf ihrer Jahresbahn am 8. Mai und am 10. November am Ort der Knoten der Planetenbahn. Damit kann man Merkurdurchgänge innerhalb von 3 Tagen vor oder nach den genannten Terminen beobachten. In einem Jahrhundert kommt es etwa 13 mal zu einer solchen Konstellation. Die zeitlichen Zwischenräume sind unterschiedlich; der kürzeste Zeitabstand beträgt 3 Jahre, der längste 13 Jahre.

Der diesjährige Merkurdurchgang beginnt um $5^h 19^m$ MEZ. Um $5^h 22^m$ MEZ wird der Merkur ganz vor der Sonne stehen, das ist der Augenblick der inneren Berührung. Dann wandert der Planet als dunkler Punkt über die Sonnenscheibe. Um $9^h 16^m$ MEZ hat der Planet den kürzesten Abstand zum Mittelpunkt der Sonnenscheibe. Um $13^h 10^m$ MEZ beginnt der Austritt des Planeten, der um $13^h 13^m$ MEZ beendet sein wird.

In der Abb. 3 (S. 173) sind neben dem diesjährigen Durchgang auch die in diesem Jahrhundert noch zu erwartenden Merkurdurchgänge vermerkt. Auf den nächsten Durchgang muß man also über 3 Jahre warten. Die Beobachtung eines Merkurdurchganges ist ohne optische Hilfsmittel nicht möglich.

Noch seltener sind Venusdurchgänge. Sie können 2 Tage vor oder nach dem 7. Juni oder 9. Dezember eintreten. Zu dieser Zeit steht die Sonne den Knoten der Venusbahn nahe genug. Venusdurchgänge treten paarweise mit einem achtjährigen Abstand der beiden Mitglieder eines Paares auf. Die letzten Venusdurchgänge ereigneten sich 1874 und 1882, die nächsten werden am 8. Juni 2004 und am 6. Juni 2012 zu beobachten sein.

Venusbedeckung am 31. Oktober

Die Bahn des Mondes und die Bahnen der Planeten haben unterschiedliche Neigungen zur Bahn der Erde und nicht immer, wenn der Mond oder ein Planet von der Erde aus in „derselben“ Richtung stehen, erfolgt eine Abschattung des Planeten durch den Mond.

In den Nachmittagsstunden des 31. Oktober 1970 kommt es zu einer Bedeckung der Venus durch den Mond. Für Berlin als Beobachtungsort tritt die Venus um $13^h 48^m$ MEZ hinter den Mond und erscheint wieder um $14^h 40^m$ MEZ. Zu anderen Orten der DDR gibt es geringe zeitliche Abweichungen.

Die Venus hat zu diesem Zeitpunkt eine scheinbare Helligkeit von -3,1 Größenklassen und ist wie die Mondsichel mit einem Fernrohr am Taghimmel gut zu erkennen. Zum Zeitpunkt der Venusbedeckung hat der Mond aber erst ein Alter von 1,3 Tagen, und so findet das Ereignis nur wenig mehr als eine Rektaszensionsstunde östlich der Sonne statt. Dies erschwert die Beobachtung des Ereignisses sicher erheblich, macht sie aber nicht unmöglich. Vor allem der Eintritt der Venus, der am dunklen Rand des Mondes stattfindet, könnte eventuell beobachtet werden.

Die hellen Kleinen Planeten

Die Beobachtung Kleiner Planeten ist mit ein wenig Mühe verbunden und bedarf einfacher Hilfsmittel. Mit einem kleinen Fernrohr kann man diese Planeten durch ihre Ortsveränderung unter den Fixsternen herausfinden; steht eine Astrokamera zur Verfügung, so erkennt man Kleine Planeten auf einer Aufnahme, die länger belichtet ist, dadurch, daß sie auf der Photoplatte im Gegensatz zu den Sternen eine kleine Strichspur hinterlassen.

Es sollen hier die Bahnverhältnisse von Vesta, Pallas, Ceres und Juno in der Nähe ihrer Oppositionsstellungen mitgeteilt werden. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die Oppositionsdaten:

Name	Datum	scheinbare Helligkeit	Rektaszension	Deklination
Vesta	8. 2. 1970	6,3	9 ^h 34 ^m	21° 45'
Pallas	29. 8. 1970	8,9	22 ^h 02 ^m	6° 23'
Ceres	24. 10. 1970	7,0	2 ^h 11 ^m	-0° 01'
Juno	14. 11. 1970	7,2	3 ^h 37 ^m	-3° 35'

Die Werte der scheinbaren Helligkeiten zeigen, daß die Objekte mit einem guten Feldstecher bereits erreichbar sind und auch fotografisch keine Schwierigkeiten bieten. Neben der Oppositionshelligkeit ist auch das Gebiet, in dem sie sich aufhalten, für die Beobachtbarkeit von Bedeutung.

Vesta erreicht im Sternbild des Löwen um die Oppositionszeit eine Kulminationshöhe von etwa 50° und ist so gut zu beobachten. Pallas kulminiert zur Zeit der Opposition bei 45°; auch die Kulminationshöhen von Ceres (39°) und Juno (35,5°) sind noch so hoch, daß Störungen durch Horizonttrübungen nicht zu erwarten sind.

Um das Auffinden der 4 Kleinen Planeten zu erleichtern, sind in der folgenden Tabelle die Koordinaten für die Objekte über einen längeren Zeitraum gegeben. Damit ist es möglich, die Bahnen der Planeten in eine Sternkarte einzuzeichnen.

Vesta			Pallas		
Datum	Rektaszension	Deklination	Datum	Rektaszension	Deklination
16. 1.	9 ^h 53 ^m	18° 44'	9. 8.	22 ^h 17 ^m	9° 41'
21. 1.	9 ^h 50 ^m	19° 22'	14. 8.	22 ^h 14 ^m	8° 59'
26. 1.	9 ^h 46 ^m	20° 01'	19. 8.	22 ^h 10 ^m	8° 11'
31. 1.	9 ^h 42 ^m	20° 42'	24. 8.	22 ^h 06 ^m	7° 19'
5. 2.	9 ^h 37 ^m	21° 22'	3. 9.	21 ^h 59 ^m	5° 23'
10. 2.	9 ^h 32 ^m	22° 01'	8. 9.	21 ^h 55 ^m	4° 21'
15. 2.	9 ^h 27 ^m	22° 37'	13. 9.	21 ^h 52 ^m	3° 18'
20. 2.	9 ^h 22 ^m	23° 10'	18. 9.	21 ^h 49 ^m	2° 14'
25. 2.	9 ^h 17 ^m	23° 38'	23. 9.	21 ^h 46 ^m	1° 11'
2. 3.	9 ^h 13 ^m	24° 01'			

Ceres			Juno		
Datum	Rektaszension	Deklination	Datum	Rektaszension	Deklination
30. 9.	2 ^h 29 ^m	1° 19'	20. 10.	3 ^h 50 ^m	0° 52'
5. 10	2 ^h 26 ^m	1° 00'	26. 10.	3 ^h 49 ^m	-0° 08'
10. 10.	2 ^h 23 ^m	0° 42'	30. 10.	3 ^h 47 ^m	-1° 07'
15. 10.	2 ^h 19 ^m	0° 25'	4. 11.	3 ^h 44 ^m	-2° 02'
20. 10.	2 ^h 14 ^m	0° 08'	9. 11.	3 ^h 41 ^m	-2° 52'
26. 10.	2 ^h 10 ^m	-0° 05'	14. 11.	3 ^h 37 ^m	-3° 35'
30. 10.	2 ^h 06 ^m	-0° 17'	19. 11.	3 ^h 33 ^m	-4° 09'
4. 11.	2 ^h 01 ^m	-0° 25'	24. 11.	3 ^h 30 ^m	-4° 35'
9. 11.	1 ^h 57 ^m	-0° 30'	29. 11.	3 ^h 26 ^m	-4° 51'
14. 11.	1 ^h 53 ^m	-0° 30'	4. 12.	3 ^h 23 ^m	-4° 57'
19. 11.	1 ^h 49 ^m	-0° 27'	9. 12.	3 ^h 21 ^m	-4° 53'

Regulusbedeckung vom 21. Februar

Sternbedeckungen durch den Mond kommen häufig vor; selten jedoch Bedeckungen solcher heller Sterne, wie der Regulus einer ist. Der Regulus steht der Ekliptik sehr nahe (Regulus-Koordinaten für 1970 sind: $\alpha = 10^h 5^m 7^s$ und $\delta = 12^\circ 13'$). Da die Mondbahn aber nicht genau in der Ekliptik verläuft, sondern um $5,9^\circ$ gegen die Ekliptik geneigt ist, kommt es nicht bei jedem Mondumlauf zu einer Bedeckung des Regulus. Der Mond steht nur in den Augenblicken genau in der Ekliptik, wenn er von negativen ekliptikalischen Breiten zu positiven ekliptikalischen Breiten die Ekliptik überschreitet (aufsteigender Knoten) oder von positiven zu negativen die Ekliptik (absteigender Knoten) kreuzt.

Es ist bekannt, daß die Mondknoten in 18,6 Jahren einmal durch die Ekliptik wandern. Das bedeutet, daß im Abstand von 9,3 Jahren der absteigende bzw. der aufsteigende Knoten der Mondbahn in die Nähe auch des Regulus kommen muß und so alle 9,3 Jahre Regulusbedeckungen eintreten können.

Da die Mondknoten nur langsam durch die Ekliptik wandern, kommt es 1970 nicht nur zu der einen Regulusbedeckung, aber nur diese eine vom 21. Februar ist vom mitteleuropäischen Raum aus beobachtbar. Für Berlin tritt der Regulus um $3^h 22^m$ hinter den Mond und erscheint wieder um $4^h 24^m$. Am 21. Februar ist um $9^h 19^m$ MEZ Vollmond. Der Beginn der Regulusbedeckung liegt also rund 6 Stunden vor Vollmond, so daß der Regulus noch am „dunklen“ Mondrand verschwindet.

In der nachfolgenden Tabelle sind noch einige weitere Sternbedeckungen gegeben, die 1970 von der DDR aus beobachtbar sind. Man sieht, daß eine weitere Regulusbedeckung stattfindet, die zwar von unserem Gebiet aus beobachtbar wäre, aber am Taghimmel stattfindet.

In der Tabelle ist jeweils die Eintrittszeit gegeben.

Datum	Stern	Scheinbare Helligkeit des Sternes	Eintrittszeit für Berlin
13. 1.	δ Piscis	4,6 Größenkl.	$20^h 36^m$
12. 2.	ϵ Arietis	4,6 Größenkl.	$18^h 04^m$
18. 2.	k Geminorum	3,7 Größenkl.	$2^h 46^m$
21. 2.	α Leonis	1,3 Größenkl.	$3^h 22^m$
20. 3.	ρ Leonis	3,8 Größenkl.	$22^h 33^m$
16. 4.	α Leonis	1,3 Größenkl.	$16^h 18^m$
12. 9.	η Capricornus	4,9 Größenkl.	$20^h 24^m$
16. 11.	136 Tauri	4,5 Größenkl.	$2^h 44^m$

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. Vierteljahr 1969

Refraktor: 50 mm

R_m = Monatsmittelwert

Vergrößerung: 30fach

n = Anzahl der Beobachtungen

N = fleckenfreie Tage

Monat	R_m	n	N
Juli	54,4	25	0
August	52,6	18	1
September	47,4	10	0
I. Vierteljahr	70,7	29	
II. Vierteljahr	49,9	24	
III. Vierteljahr	52,6	53	

Die langsam abnehmende Tendenz der Sonnenfleckentätigkeit ist nur zu erkennen, wenn man über längere Zeiträume mittelt. Die tägliche Sonnenfleckenkurve ist noch immer sehr unruhig. Perioden mit relativ starker Fleckenbildung wechseln mit solchen schwacher Tätigkeit ab. Am stärksten waren die Gegensätze vom 29. 7. bis 7. 8. und vom 14. 8. bis 7. 9. Anfang August überstieg die Relativzahl zweimal den Wert von 90, und in der 2. Augushälfte waren meist nur 1 bis 3 Gruppen sichtbar, am 21. 8. war die Sonne sogar fleckenfrei.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Leuchterscheinungen am Nachthimmel am 4.9.1969

Am 4. 9. 69, 23^h 18^m MEZ, beobachtete ich auf der Sternwarte Sonneberg eine feuerkugel-ähnliche Leuchterscheinung. Zuerst bei $\alpha = 16^h$, $\delta = +25^\circ$ bemerkt (Helligkeit etwa 0^m), erlosch sie bei $\alpha = 9^h$, $\delta = +55^\circ$ (Helligkeit etwa -1^m). Dauer 8 bis 10 sec. In der Mitte der Strecke zerfiel der Körper in 3 gelbliche Bruchstücke, deren Winkelabstand sich dauernd vergrößerte und die mit einer schwachen rotleuchtenden Brücke verbunden blieben. Etwa knapp eine Minute nach dem Verlöschen wurde die Umgebung für etwa 5 sec schwach bläulich erhellt (trotz Mondschein!), und die Gegenstände warfen Schatten. Ein Blick zum Ostnordosthimmel zeigte eine blaue Kugel, 2 sec vor dem Verlöschen (Helligkeit -3^m), die die gleiche Zugrichtung wie die erste Erscheinung hatte, aber vermutlich dem Zenit nahekam. Die Kugel verlöscht etwa in 10° Höhe. Den Schattenwürfen nach betrug die Maximalhelligkeit mindestens -6^m .

Der Mitarbeiter Hans Huth, der das zweite Objekt hoch am Osthimmel hinter einem Gebäude verschwinden sah, beschreibt es folgendermaßen: Tropfenförmige Scheibe mit merklicher Flächenausdehnung, auf der Vorderseite gelbrot-, auf der Rückseite blauleuchtend, Gesamthelligkeit -5^m bis -6^m .

Auf Grund der etwa gleichen Zugrichtung halte ich es zwar für sehr wahrscheinlich, daß die beiden Leuchterscheinungen kausal zusammenhängen, doch möchte ich die Möglichkeit, daß es sich bei der zweiten Erscheinung um eine irdische Leuchtkugel handelt, nicht mit Sicherheit ausschließen. Die ungewöhnlich lange Dauer und die Duplizität der Erscheinung sprechen meines Erachtens gegen einen Meteoriten; vielleicht handelte es sich um einen verglühenden Erdsatelliten?

Eine weitere Beobachtung einer Leuchterscheinung, die vermutlich mit der ersten hier geschilderten identisch ist, wurde uns von Hermann Brüder, 3707 Wasserleben/Harz 72, mitgeteilt. Herr Brüder schreibt: Bei α Aquilae bildete sich eine Feuerkugel heraus, die etwa 3 bis 4 Sekunden sichtbar war und sich in dieser Zeit in 4 bis 5 Einzelkugeln (gelbweiß) zerlegte und schließlich im Sternbild Eidechse/Cassiopeia verschwand. Geräusche konnte ich nicht wahrnehmen.

G. RICHTER

Besuch der Sternwarte Wrocław

Anläßlich eines Urlaubsaufenthaltes in der Volksrepublik Polen hatte ich Gelegenheit, am 2. September 1969 die Universitätssternwarte Wrocław zu besuchen. Die Sternwarte, die zum astronomischen Institut der Universität Wrocław gehört, liegt im Ostteil der Stadt, inmitten des großzügig angelegten Parkes „Szczytnicki“, etwas geschützt vor dem unmittelbaren Einfluß der Lichterflut der Großstadt.

Ich wurde sehr freundlich aufgenommen und hatte Gelegenheit, mit dem Direktor der Sternwarte, Herrn Prof. Jan Mergentaler sowie einigen seiner Mitarbeiter Gespräche führen zu können. Verständnisschwierigkeiten gab es nicht, da fast alle Mitarbeiter über Kenntnisse der deutschen und englischen Sprache verfügen. Herr Prof. Mergentaler gab mir sehr bereitwillig die Erlaubnis, mich bei seinen Mitarbeitern zu informieren und mir die Einrichtungen des Institutes sowie deren Aufgaben erläutern zu lassen.

Herr Dr. Przemyslaw Rybka, der sich mit Fragen der klassischen Astronomie beschäftigt, führte mich durch das Institut. Auf dem Gelände der Sternwarte mit einer Fläche von etwa 2 ha steht das Hauptgebäude mit einer 5 m-Kuppel sowie ein Meridianhaus und mehrere kleine Nebengebäude. Das Hauptgebäude beherbergt die Bibliothek, einen kleinen Hörsaal sowie eine Anzahl Arbeitsräume für die Wissenschaftler.

Das Hauptinstrument der Sternwarte ist in der 5 m-Kuppel untergebracht. Es besteht aus einem 20 cm-Refraktor mit einem 25 cm-Astrographen (1:4) auf einer Montierung – beide Instrumente von Repsold, die Objektive von Steinheil – und dient zur fotoelektrischen Beobachtung und Astrophotographie.

Auf dem flachen Dach des Hauptgebäudes, rund um die Kuppel, ist Platz für die Aufstellung kleinerer Instrumente, die zur Zählung der Sonnenflecken und für studentische Übungen verwendet werden. Außerdem ist hier der Coelostat für das Spektrohelioskop und den Coronographen, die im Raum unterhalb der Kuppel eingebaut sind, montiert. Frau Dr. Jana Paciorek, die auf dem Gebiet der Heliophysik arbeitet, führt mit diesem Instrument Untersuchungen an Protuberanzen durch. Die Sonnenkorona kann auf Grund der Luftverhältnisse nicht beobachtet werden.

Im Meridianhaus sind zwei ältere Instrumente von Repsold mit Objektiven von Steinheil aufgestellt: ein Passage-Instrument mit 15 cm Öffnung, das für fotoelektrische Registrierung vorgesehen ist. Ein großes Schaltpult mit Monitor und vielen Zusatzeinrichtungen, die einen weitestgehend automatisierten Beobachtungsprozeß gestatten werden, befindet sich im Bau. Das zweite Instrument ist ein Vertikalkreis mit ebenfalls 15 cm Öffnung, mit dem Dr. Rybka Positionen der großen Planeten mißt. Das Instrument ist mit einem unpersönlichen Mikrometer und einer Spezialkamera zur Registrierung der Teilkreiswerte ausgerüstet.

Jeweils vier zu einer Messung gehörende Werte werden durch ein Spiegelsystem auf eine Filmlänge von 55 mm eines normalen Kleinbildfilmes projiziert. Der Verschuß der Kamera wird durch einen Kontakt des Mikrometers betätigt, der Filmtransport erfolgt automatisch.

Zum Arbeitsprogramm der Sternwarte gehört als wichtiger Teil die Mitarbeit an der Auswertung von Beobachtungsprogrammen sowjetischer Sternwarten. Frau Dr. Paciorek betonte besonders die gute Zusammenarbeit mit den sowjetischen Kollegen. Das Institut steht mit allen größeren Sternwarten der Welt in Verbindung, es bringt eigene Veröffentlichungen in englischer und polnischer Sprache heraus sowie Publikationen in *Astronomica Acta*.

In der VR Polen wird auch eine Monatszeitschrift der Amateurastronomen „*Urania*“ von Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Główny, Kraków, Solskiego 30/8 herausgegeben. Die Zeitschrift erscheint monatlich, in den Ferienmonaten als Doppelheft, zwar in bescheidener Aufmachung, aber mit erfreulicher Informationsbreite.

DIETMAR STACHOWSKI

Fotos von Apollo 9 und 11

Sie zeigen in der Bildfolge:

Aufnahme während des Fluges von Apollo 9 durch Russel Schweickart, der außerhalb der Mondfähre auf der Ausstiegsplattform stand. Das gekoppelte Mondfahrzeug befand sich in der Erdumlaufbahn. David Scott hat die Luke der Apollo-Kommandokabine geöffnet und lehnt sich mit dem Oberkörper hinaus. In dieser Phase waren noch alle drei Baugruppen miteinander gekoppelt. Das Land auf der im Hintergrund sichtbaren Erdoberfläche ist das Mississippi-Flußtal.

Foto der getrennten Kommando- und Versorgungseinheit des Raumfahrzeuges Apollo 9 direkt von vorn, aufgenommen aus dem LM. In der Mitte der Kopplungsstutzen, unten die vier gebündelten Richtantennen.

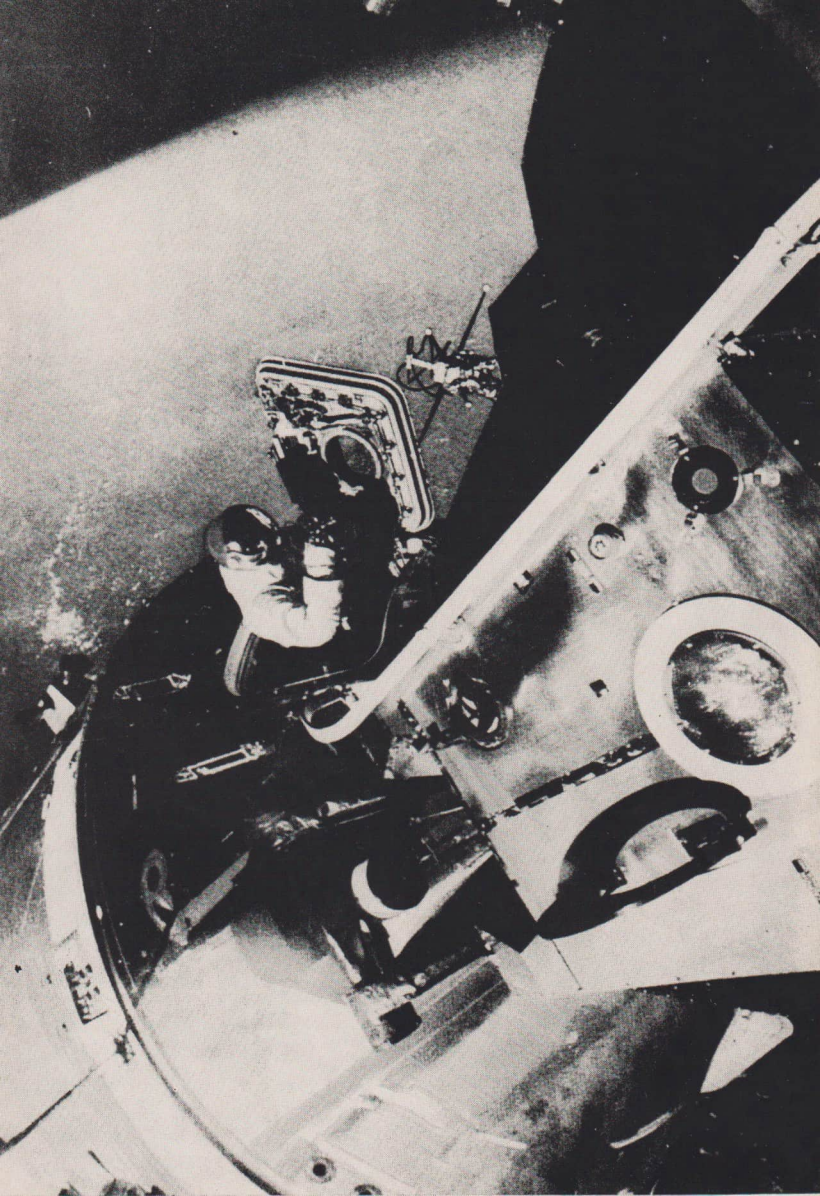
Dieses Bild wurde vom Kommandanten des Unternehmens Apollo 11, Neil A. Armstrong, aufgenommen. Es zeigt den Ausstieg des Piloten der Landefähre, Edwin E. Aldrin jun., aus der gelandeten LM-Fähre.

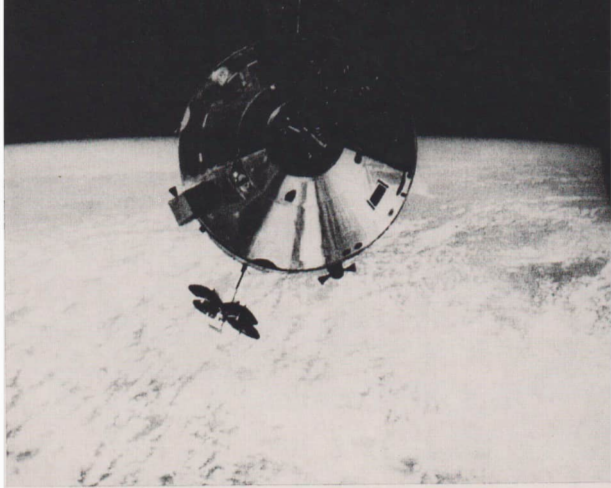
Nochmals der von Armstrong fotografierte Aldrin. In seinem Lichtschutzvisier, welches mit einer dünnen, von innen durchsichtigen Goldschicht bedeckt ist, spiegeln sich sein Schatten, der fotografierende Armstrong und die Mondlandefähre.

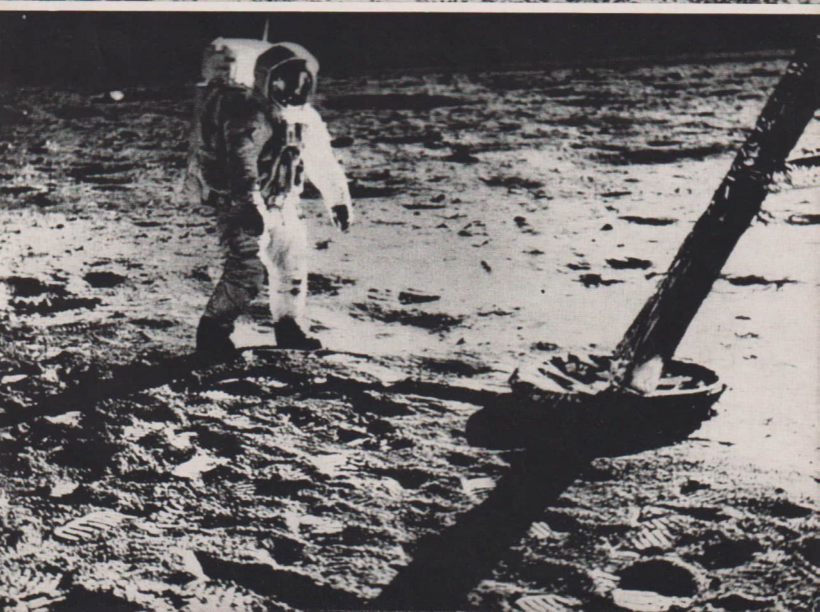
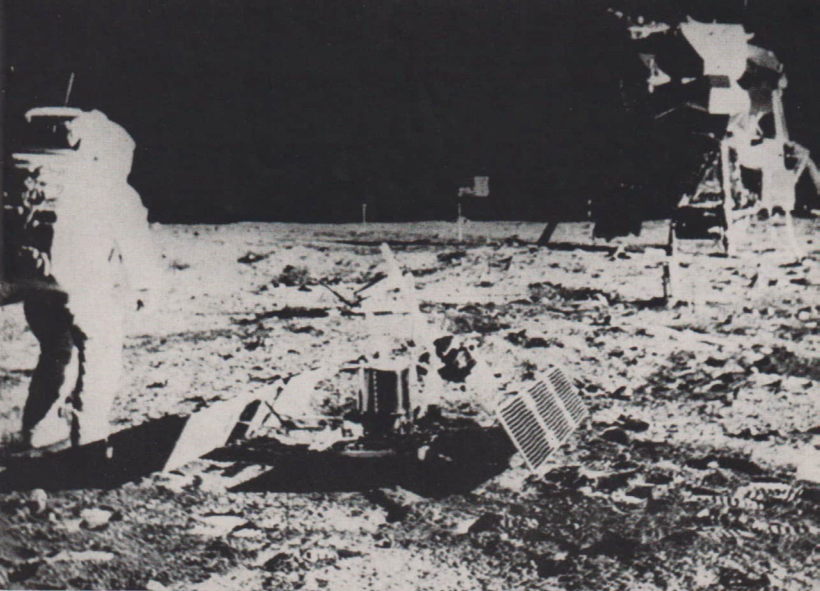
Im Vordergrund links ist das von Aldrin aufgestellte Seismometer zu erkennen. Bekanntlich lieferte dieses Instrument, welches seinen Strombedarf aus Solarzellen deckt, keine auswertbaren Meßergebnisse. Im Hintergrund die auf der Mondoberfläche stehende Landefähre.

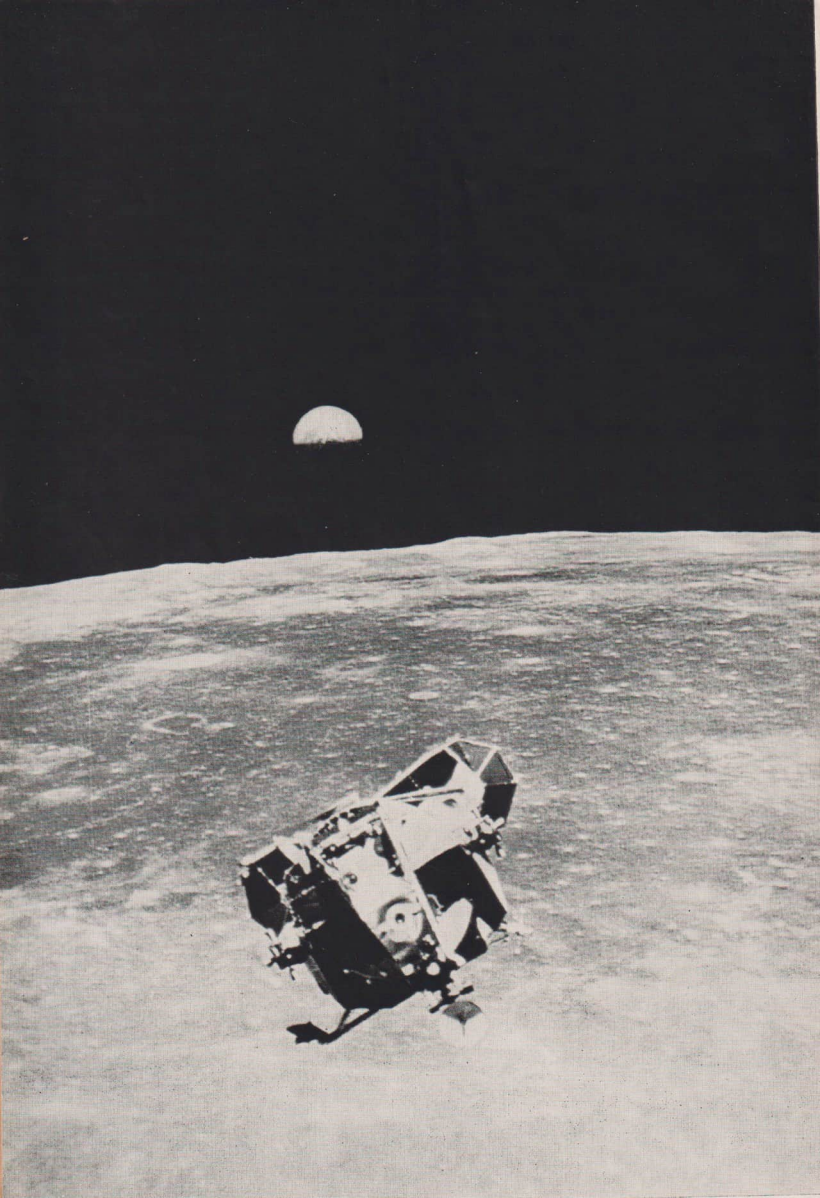
Rechts im Bild einer der Füße der Landefähre des Unternehmens Apollo 11. Der Teller, mit dem das Fahrzeug auf der Mondoberfläche ruht, hat einen Durchmesser von etwa einem Meter. Die Landebeine und der untere Teil von LM sind durch eine Goldfolie vor allzustarker Hitzeeinwirkung geschützt. Der Astronaut im Bilde ist wiederum Edwin E. Aldrin jun. Im Vordergrund sieht man deutlich die Fußspuren der Astronauten, die sie im lockeren Oberflächenmaterial unseres Trabanten zurückgelassen haben.

Michael Collins, der sich in dem den Mond umkreisenden Teil des Mondfahrzeuges Apollo 11 befand, hat hier den sich nähernden oberen Teil der Landefähre aufgenommen, in der sich Armstrong und Aldrin befinden. Den Hintergrund bilden die Mondoberfläche und die dicht über dem Horizont stehende „Halberde“.









Vom Mondkult bis Apollo 11

Zeittafel zur Geschichte der Mondforschung

v. u. Z.

- > 3500 Beobachtung der Mondzyklen in allen alten Kulturen zum Zweck der Zeiteinteilung und aus kultischen Gründen. Der Mond ist Symbol der Ewigkeit und der Fruchtbarkeit.
- 3379 Mondfinsternis wird von den Mayas aufgezeichnet.
3. Jahrht. Babylonier wissen um die Wiederkehr der Finsternisse.
- 763 Älteste überlieferte Beobachtung einer totalen Sonnenfinsternis durch die Babylonier.
- um 600 Thales von Milet kennt offenbar die Kugelgestalt der Erde und die Beleuchtung des Mondes durch die Sonne.
- um 530 Pythagoras entdeckt die Neigung der Mondbahn gegen den Erdäquator.
- um 500 Mondfinsternistafeln der Babylonier.
Die Pythagoräische Schule lehrt die Kugelgestalt von Erde, Sonne und Mond. Die Ursache für die Entstehung der Mondphasen ist bekannt.
- um 470 Anaxagoras erklärt die Entstehung von Sonnen- und Mondfinsternissen und behauptet, der Mond sei eine Art Erde, von Bergen und Tälern bedeckt.
- um 265 Aristarch von Samos berechnet die Entfernung von Sonne und Mond in Erdradien und lehrt, daß sich der um die Erde kreisende Mond mit dieser zusammen um die Sonne bewegt.
- um 240 Eratosthenes aus Kyrene bestimmt den Erddurchmesser.
- um 150 Hipparch findet nahezu richtige Werte für die Entfernung des Mondes und dessen Durchmesser.

u. Z.

- um 140 Ptolemäus begründet das nach ihm benannte geozentrische Weltsystem, das bis ins 16. Jahrhundert Grundlage der Kosmologie bleibt. In seinem Hauptwerk — nach der arabischen Übersetzung „Almagest“ genannt — beschreibt er u. a. ein wichtiges Störungsglied der Mondbewegung, die Ekvation der Mondlängen.
- um 1500 Leonardo da Vinci deutet das aschgraue Mondlicht als von der Erde reflektiertes Sonnenlicht.
- 1543 Kopernikus begründet sein heliozentrisches Weltsystem.
- um 1580 Tycho de Brahe entdeckt mit der Variation der Mondlängen eine weitere Störung der Mondbewegung.
- 1608 In den Niederlanden wird das erste Fernrohr hergestellt.
- 1609, 1619 Veröffentlichung der Keplerschen Gesetze von der Bewegung der Himmelskörper auf Ellipsenbahnen.
- 1610 Galilei entdeckt mit seinem selbstgebaute Fernrohr Krater und andere Gebirgsformationen auf dem Mond, bestimmt die Höhen einiger Berge und fertigt die ersten Skizzen von unserem Trabanten an.
- 1614 In Scheiners Mondkarte sind die Strahlensysteme um Tycho und Kopernikus verzeichnet.
- 1645 Die Mondkarte des flämischen Mathematikers Langren besitzt einen Durchmesser von 35,5 cm und enthält 270 topographische Einzelheiten.

- 1647 Johann Hevel begründet mit seinem Werk „Selenographia, sive Lunae Descriptio“ die Selenographie.
- 1651 Riccioli benennt in seinem Werk „Almagestum novum“ die Ringgebirge nach berühmten Philosophen und Astronomen. Er vermutet, daß auf dem Mond kein Wasser existiert.
- 1661 Gregory baut ein Spiegelteleskop.
- 1667 Blasenhypothese der Kraterbildung von Hook.
- 1687 Gravitationsgesetz von Newton wird Grundlage der Himmelsmechanik.
- 1693 Halley findet die Akzeleration des Mondes.
- 1750 Tobias Mayer erklärt die Ursache der Libration.
- 1754 Mittels mikrometrischer Messungen bestimmt Mayer die genaue Lage von Objekten auf der Mondoberfläche.
- 1780 Aepinus deutet die Ringgebirge als erloschene Vulkane.
- 1811 Arago entdeckt die Polarisation des Mondlichts.
- 1824 Die ersten Sektionen der Lohrmannschen Mondkarte werden veröffentlicht. Die aus 25 Sektionen bestehende, den Mond mit einem Durchmesser von 97 cm abbildende Karte erscheint erst 1878 vollständig.
- 1828 Meteoritenaufsturzhypothese der Kraterbildung von Gruithuisen.
- 1837 In dem Begleitbuch zur drei Jahre zuvor erschienenen „Mappa selenographica“ weisen Beer und Mädler auf die Vorteile eines astronomischen Observatoriums auf der Mondoberfläche hin.
- 1840 Erste Daguerreotypie, von Draper aufgenommen, bildet den Mond mit 2,5 cm Durchmesser ab.
- 1849 Bond gewinnt am Harvard-Observatorium ein fotografisches Bild des Mondes mit 12 cm Durchmesser.
- 1865 Neison beobachtet eine Vernebelung in der Wallebene Plato. Trübungen auf der Mondoberfläche werden wiederholt auch später von anderen Astronomen beobachtet und als örtliche Gasausbrüche gedeutet.
- 1870 Oberflächentemperaturen des Mondes werden erstmals von Rosse gemessen.
- 1874 In ihrem Werk „The Moon“: Considered as a Planet, a World, and a Satellite“ versuchen Nasmyth und Carpenter die Entstehung der charakteristischen Oberflächenformationen ausschließlich mit vulkanischen Prozessen zu erklären.
- 1878 Die Schmidtsche Karte bildet den Mond mit einem Durchmesser von 1,95 m ab.
- 1896–1910 Der Österreicher Loewy und der Franzose Puiseux veröffentlichen den „Pariser photographischen Mondatlas“ (Durchmesser des Mondes 2,7 m).
- um 1900 Entstehung der Selenophysik durch weitgehende Anwendung physikalischer Meßmethoden.
- 1900 Gezeitenhypothese der Kraterbildung von Ebert und Pickering.
- 1901, 1902 Franz und Hayn begründen die Selenodäsie.
- 1906 Erste Höhenschichtenkarte des Mondes von Franz.
- 1909 Suess begründet die morphogenetische Analyse der Mondoberfläche. Sie dient der Feststellung des relativen Alters verschiedener Formationen.
- 1921 2,5 m-Spiegelteleskop auf dem Mt. Wilson fertiggestellt.
- 184

- 1927 , Barabaschew vermutet Basaltlaven als Oberflächenmaterial der Maria.
- 1927–1930 Die Temperatur der Mondoberfläche wird von Pettit und Nicholson im subsolaren Punkt mit 134 °C gemessen und die der unbeleuchteten Seite auf – 153 °C geschätzt.
- 1930–1939 Scharonow bestimmt die Mondalbedo zu 0,13 bis 0,18 an den hellsten und zu 0,03 bis 0,02 an den dunkelsten Stellen.
- 1946 Die Entwicklung der Radioastronomie beginnt. Der Ungar Bay und die Amerikaner de Witt und Stodola führen die erste Funkortung des Mondes durch.
Link sagt die später von Dubois und Kosyrew bestätigte Lumineszenz der Mondoberfläche voraus.
- 1949 5 m-Spiegelteleskop auf dem Mt. Palomar fertiggestellt.
- 1951 Wilkins veröffentlicht eine gezeichnete Karte, auf der der Mond mit einem Durchmesser von 7,6 m abgebildet ist.
- 1952–1953 Kaidanowski und Turubeskow untersuchen mit Hilfe von Radioteleskopen die Temperaturen in Schichten unter der Mondoberfläche.
- 1955–1957 Am Jodrell Bank-Observatorium ermitteln Costain, Elsmore und Whitefield aus der Bedeckung von Radioquellen die Dichte der Mondatmosphäre zu etwa 10^{-13} atm.
- 1956 Nach der Hypothese von K. von Bülow soll die Mondoberfläche ihre gegenwärtige Struktur bereits bei der Erstarrung der Urkruste erhalten haben.
- 1958 Trexler untersucht mit Hilfe der Radio-Echo-Methode die Oberflächenformationen.
Kosyrew beobachtet einen vulkanischen Gasausbruch im Krater Alphonsus.
- 1959 Die Sowjetunion setzt erstmals Raumflugkörper für die Mondforschung ein. Lunik 1 fliegt 6000 km am Erdtrabanten vorbei. Lunik 2 landet hart im Mare Imbrium. Beide stellen fest, daß der Mond weder einen Strahlungsgürtel noch ein Magnetfeld besitzt. Lunik 3 umfliegt den Mond und sendet die ersten Bilder von dessen Rückseite.
- 1960 Kuiper veröffentlicht einen aus 280 Fotografien zusammengestellten Mondatlas.
- 1964 Die von der amerikanischen Sonde Ranger 7 vor dem Aufschlag übermittelten Funkbilder zeigen eine Fülle von Kleinkratern mit Durchmessern bis herab zu 1 m.
- 1965 Die sowjetische „Sonde 3“ sendet 25 Aufnahmen der Mondrückseite mit etwa 3 km Auflösungsvermögen. Diese bestätigen, daß die Rückseite weniger Mare, aber mehr Krater aufweist als die Vorderseite.
- 1966 Die weich gelandete sowjetische Sonde Luna 9 übermittelt Bilder und Strahlungsmeßwerte direkt von der Oberfläche des Oceanus Procellarum. Der Boden erweist sich als feinkörnig, aber staubfrei und mit Steinen durchsetzt.
Mit Hilfe eines Gammaspektrometers ermittelt der erste Mondsatellit Luna 10 den Gehalt an radioaktiven Elementen im Mondgestein. Die Meßwerte deuten auf Basalt in den Maria.
Nach Messungen der amerikanischen Sonde Surveyor 1 liegt die Festigkeit des Mondbodens zwischen 2,5 und 7 kp/cm². Das genügt, um ein landendes Raumschiff zu tragen. Die amerikanischen Mondsatelliten Lunar Orbiter 1 und 2 übermitteln Fotos von ausgewählten Gebieten

- der Mondoberfläche (Landeplätze) mit einem maximalen Auflösungsvermögen von 1 m.
- Luna 13 bestimmt die Dichte des Mondbodens zu etwa 0,8.
- 1967 Surveyor 3 gräbt mit einer Baggerschaufel mehrere Furchen in den Mondboden und untersucht dabei dessen Konsistenz. Nach den gleichzeitig übermittelten Farbaufnahmen sieht der Boden fast schwarz aus. Surveyor 5 und 6 bestätigen mit Hilfe der Alphastrahlenstreuung die chemische Zusammensetzung des Mondbodens als dem irdischen Basalt ähnlich.
- Die von Lunar Orbiter 3 bis 5 übermittelten Fotos gestatten eine fast lückenlose Kartografierung der Mondoberfläche.
- Aus den Beschleunigungen des Lunar Orbiter 5 beim Überfliegen der Mare Imbrium, Serenitatis, Crisium, Nectaris und Humorum folgt, daß sich etwa 50 km unter diesen Maren Massen großer Dichte (Mascons) befinden müssen. Dieses Ergebnis stützt die Aufsturzhypothese.
- 1968 Die in der Nähe des Kraters Tycho gelandete Sonde Surveyor 7 findet magnetische Mineralien.
- Die sowjetische „Sonde 5“ umfliegt den Erdtrabanten, fotografiert dessen Rückseite mit einem Auflösungsvermögen von 100 m und wird nach der Rückkehr zur Erde im Indischen Ozean geborgen.
- Mit Apollo 8 umkreisen die amerikanischen Astronauten Borman, Lovell und Anders zehnmal den Mond, filmen und fotografieren dessen Oberfläche, untersuchen die Mascons und kehren zur Erde zurück.
- 1969 Die Astronauten Stafford und Cernan nähern sich mit der Landefähre LM der Mondoberfläche bis auf 15 km, inspizieren den vorgesehenen Landeplatz 2 im Mare Tranquillitatis und kehren nach dem Rendezvous mit Apollo 10 und dessen Piloten Young zur Erde zurück.
- Am 20. Juli landen die amerikanischen Astronauten Armstrong und Aldrin mit der Landefähre „Eagle“ im Mare Tranquillitatis (0° 42' 50" nördl. Breite, 23° 42' 28" östl. Länge) und betreten am nächsten Morgen die Mondoberfläche. Nach dem Einsammeln von Gesteinsproben und Aufstellen mehrerer Meßgeräte erfolgt der Rückstart. Sie treffen sich mit dem im Apollo-Mutterschiff in der Mondumlaufbahn verbliebenen Astronauten Collins und kehren gemeinsam zur Erde zurück. Das auf dem Mond verbliebene Seismometer signalisiert mehrere Beben, der Laserreflektor gestattet die genaue Vermessung der Mondentfernung. Das zur Erde gebrachte Mondgestein erweist sich als völlig steril, ist mindestens 3,1 Md. Jahre alt und zeigt z. T. Spuren von Vulkanismus.

Aus der Literatur

Sternbedeckungsbeobachtungen

Der beobachtende Amateurastronom hat im Verlaufe seiner praktischen Arbeit sicher schon einmal – oft durch Zufall – eine Sternbedeckung durch den Mond beobachtet. Die systematische Beobachtung solcher Ereignisse ist für die wissenschaftliche Arbeit wichtig und für folgende Zwecke von Bedeutung:

- Bestimmung des genauen Mondortes und damit Festlegung der Fluktuationen (unregelmäßige Änderungen der Erdrotation);
- Erkennen der Form der Mondoberfläche am „Rand“ des Mondes;
- Kontrollierung der Konstanz der Mondrotation;
- Gewinnung von Daten über die Entfernung der verschiedenen Beobachtungsorte auf der Erde. Entscheidend für die Aussagekraft einer Sternbedeckungsbeobachtung ist Genauigkeit des Zeitpunktes des Verschwindens bzw. Wiederauftauchens des Sternes hinter dem Monde.

Um Sternbedeckungen mit Erfolg zu beobachten, benötigt man:

- eine Vorhersage über diese Ereignisse. Vorhersagen findet man im Sternkalender von Ahnert. Der Zeitpunkt des Ereignisses ist von der geographischen Lage des Beobachtungsortes abhängig. Im Sternkalender sind die Zeiten für Potsdam gegeben, sowie die Formel und die Konstanten zur Umrechnung auf andere Beobachtungsorte.
- eine gut gehende Uhr mit Sekundenangabe. Den Gang dieser Uhr muß man regelmäßig an einem Zeitzeichen kontrollieren. Diese Zeitzeichen kommen z. B. über Radio DDR um 7.00 Uhr und um 13.00 Uhr.
- eine gut gehende Stoppuhr. Da man die oben erwähnte Hauptuhr im allgemeinen nicht mit an den direkten Beobachtungsort nehmen kann, hält man die Zeit des Ereignisses mit der Stoppuhr fest und bringt sie zur Hauptuhr.
- nach Möglichkeit ein parallaktisch montiertes Instrument mit automatischer Nachführung. Bei einem solchen Instrument kann man sich ganz auf das Registrieren des Ereignisses selbst konzentrieren.

Die Beobachtung von Sternbedeckungen ist relativ einfach für helle Sterne. Schwache Sterne sind in der Nähe des hellen Mondes schwer zu beobachten und oft nur am unbeleuchteten Mondrand gut zu registrieren. Zum anderen ist das Verschwinden eines Sternes besser zu beobachten als das Wiedervorkommen des Sternes hinter der „Mondscheibe“. Man kann allerdings den Punkt des Wiederauftauchens an Hand der Positionsangaben im Sternkalender in etwa vorhersagen.

Die Beobachtung von Sternbedeckungen hat wissenschaftlichen Wert. Der Beobachter hat darin aber auch einen Test für seine Beobachtungsgabe und Reaktionsfähigkeit. Sm.

Nach „Orion“, 113, S. 102

Das Problem der Venustemperatur

Die Venus als Nachbarplanet der Erde ist schon seit langem Ziel intensiver Forschungsarbeit. Seit der Entwicklung des Weltraumfluges und dem Anfliegen des Planeten sind die Möglichkeiten, das Wissen über ihn rapid zu erweitern, stark gestiegen. Trotz der „Nähe“ des Planeten ist unser Wissen über ihn sehr lückenhaft, da der eigentliche Planetenkörper sich unter einer dichten, mit sichtbarem Licht undurchschaubaren Atmosphäre verbirgt. So brachte die Bestimmung der Oberflächentemperatur und der erhaltene Wert manche Probleme mit sich.

Für die Planetenoberflächentemperatur sind ganz allgemein die Entfernung von der Sonne, die Rotationsperiode um die Planetenachse und die Dichte und chemische Zusammensetzung der Planetenatmosphäre von Bedeutung.

Gerade die Zeit einer Eigenumdrehung war beim Planeten Venus lange Zeit sehr umstritten. Neuesten radioastronomischen Messungen zu Folge beträgt sie 244,3 Tage.

Über die Zusammensetzung der Venusatmosphäre weiß man seit der weichen Landung von Venus IV und dem Flug von Mariner V wesentlich besser Bescheid als zuvor. Die chemische Zusammensetzung der Venusatmosphäre ist so, daß ein starker Treibhauseffekt vorhanden sein muß, d. h. die auf die Oberfläche fallende Sonnenstrahlung wird zurückgehalten und in Oberflächennähe wird sich eine hohe Temperatur einstellen.

Die Raumsonden haben auch hohe Temperaturwerte gemessen (Venus IV 280°C). Eine Temperatur von etwa der Höhe war auch in der Auswertung radioastronomischer Beobachtungen gefunden worden.

Wie ist diese hohe Temperatur zu erklären? Kann sie sich als Gleichgewichtstemperatur unter Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung (hier ist die Umdrehungszeit wichtig) und der Ausstrahlung (hier ist Atmosphäre wichtig) einstellen?

Von Dr. Ahnert wird die Möglichkeit diskutiert, daß die Sonneneinstrahlung und der vorhandene starke Treibhauseffekt allein nicht ausreichen, um die hohe Temperatur der Venusoberfläche zu erklären. Sollten derartige Zweifel berechtigt sein, bliebe nach Meinung von

Dr. Ahnert als einzige Alternative übrig, daß die Venus noch eine beträchtliche Eigenwärme hat, d. h. die Oberfläche vom Planeteninneren her noch aufgeheizt wird.

Es zeigt sich, daß die Venustemperatur auch nach den Messungen der Raumsonden immer noch eine Reihe von Problemen mit sich bringt. Sm.

(Nach P. Ahnert, in „Die Sterne“, 1969, Heft 3/4, S. 33)

Woher kommen die Meteoriten?

Die Geschwindigkeit der den Mond „bombardierenden“ kosmischen Körper im Augenblick des Aufpralls auf die Mondoberfläche beträgt einige Dutzend km/s. Die durch den starken Einschlag hochgeschleuderten Massen bewegen sich mit einem breiten Geschwindigkeitsspektrum, wobei die Geschwindigkeit der schnellsten Splitter ausreichen kann, um die Anziehungskraft des Mondes zu überwinden. Jedoch muß der Mechanismus der Meteoritenbildung von der Oberfläche des Mondes dazu führen, daß ein bedeutender Prozentsatz der Meteoriten aus der obersten bestrahlten Schicht gebildet wird und folglich einen erhöhten Gehalt an kosmogenen Isotopen, besonders an Ne_{21} , aufweist. – Die Moskauer Geochemiker A. K. Lawruchina und G. K. Ustinowa haben eine Analyse des Gehalts von Ne_{21} in Basaltachondriten vorgenommen, die ihrer Zusammensetzung nach mit der Mondoberfläche verwandt sind. Diese Analyse führte zu der Annahme, daß der Mond nicht das Ursprungsgestein solcher Meteoriten sein kann. – Die Autoren schließen, daß die Hypothese über den Ursprung der Meteoriten von der Oberfläche des Mondes oder eines anderen großen Körpers, z. B. des Mars oder großer Asteroiden wenig wahrscheinlich ist. Verlockender von ihrem Standpunkt aus gesehen sind die Hypothesen über den Ursprung von Meteoriten, die sich auf Katastropheneignisse gründen, die zur völligen Zerstörung von kosmischen Körpern in der Größenordnung von einem Kilometer Durchmesser oder weniger mehr führen.

Nach: „Priroda“, Nr. 11, 1969.

Immer wieder: Leben auf dem Mars?

Eine jetzt genutzte Möglichkeit zur Erforschung des Mars ist das Modellieren seiner physikalischen Eigenschaften in Labors. Zu diesem Zweck wurde in dem Institut für Mikrobiologie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR eine spezielle Anlage „künstlicher Mars“ entwickelt. In einer besonderen Kammer werden hinter durchsichtigem Glas die Bedingungen des fernen Planeten imitiert. Hier werden, entsprechend den astronomischen Angaben, das Marsklima und die Veränderungen nachgebildet, die sich innerhalb eines Tages auf seiner Oberfläche vollziehen.

Wenn auf dem Mars wirklich Leben existiert, so muß es dort auch unbedingt einen Kreislauf der organischen Substanzen geben. Doch dieser ist ohne Mikroorganismen – verschiedene Mikroben und Bakterien – nicht möglich. Deshalb haben sich die Forscher die Aufgabe gestellt zu klären, ob die irdischen Mikroorganismen sich den Bedingungen auf dem Mars anpassen können und unter welchen Umständen das erfolgt.

Bei ersten Beobachtungen brachten interessante Resultate. Insbesondere zeigte sich, daß gefärbte Mikroorganismen das Marsklima besser überstehen. Das in ihnen enthaltene Pigment ist ein guter Schutz gegen die tödlichen Einwirkungen ultravioletter Strahlen. Man kann annehmen, daß die auf dem Mars beobachteten Farbwechsel irgendwie mit der Lebensstätigkeit von Mikroorganismen zusammenhängen.

Diese Schlussfolgerungen tragen zur Zeit jedoch nur einen vorläufigen und indirekten Charakter. Der Nachweis, daß auf dem Mars Leben existiert, würde von einer Bedeutung sein, die weit über den Rahmen der Erforschung nur dieses Planeten hinausginge, denn bis jetzt erforschen wir die Erscheinungen des Lebens nur in einem „einzigen Exemplar“: Unserer Beobachtung und Forschung ist nur das Leben auf der Erde zugänglich.

Nach: W. Komarow, „Krasnaja swesda“, 23. 7. 1969

Zur Eigenrotation des Merkur

Die Bestimmung der Eigenrotation des Planeten Merkur ist sehr schwierig, da der Merkur auf Grund seiner Sonnennähe nur schwer zu beobachten ist. In Veröffentlichungen von vor 10 Jahren etwa findet man keine Angaben zur Eigenrotationszeit oder noch die Meinung, daß der Merkur wahrscheinlich eine gebundene Rotation habe, d. h. in 88 Tagen um seine eigene Achse rotiere.

Die Eigenrotationszeit von 88 Tagen wurde erstmals von Schiaparelli nach 8 Jahren visueller Beobachtung des Planeten vertreten. Man glaubte auch eine Theorie für diese gebundene Rotation zu besitzen. Auf Grund des geringen Abstandes von der Sonne ist die Gravitationswirkung der Sonne noch sehr groß. Dadurch erleidet der Planet eine Gezeitendeformation, die eine gebundene Rotation zur Folge hat. In den letzten Jahren nun mehrten sich die Argumente dafür, daß der Merkur eine Rotationsperiode von etwa 58 Tagen habe. So ergab sich aus Radarmessungen eine Rotationszeit von 59 ± 5 Tagen.

Von einer Wissenschaftlergruppe wurde ein photographisches Programm erarbeitet, mit dem man ebenfalls die genaue Rotationszeit des Planeten erkennen wollte. Man kann die volle Scheibe des Merkur praktisch nur bei Tageslicht photographieren, was das Erkennen von Oberflächenstrukturen erschwert. Man muß aber Oberflächenstrukturen nachweisen, um an Hand ihrer Wiederkehr nach bestimmten Zeiten Aussagen über die Rotationszeit zu gewinnen. In diesem Programm nahm man einen Kompromiß in Kauf: Man photographierte bei einem Phasenwinkel von etwa 70° . So gewann man in 2,5 Jahren 96 brauchbare Aufnahmen an 64 verschiedenen Tagen.

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Auswertung.

1. Beobachtungen, mit einander verglichen aus einem Zeitraum, der kleiner ist als die vermutete Rotationsperiode

25. bis 31. 3. 68	3 Beobachtungen	Rotationszeit $61 \pm 0,6$ Tage
23. bis 28. 3. 68	3 Beobachtungen	Rotationszeit $64,3 \pm 2,0$ Tage
28. bis 31. 3. 68	2 Beobachtungen	Rotationszeit $65,8 \pm 5,0$ Tage
6. bis 8. 5. 66	2 Beobachtungen	Rotationszeit $54,7 \pm 11,0$ Tage
5. bis 13. 4. 68	5 Beobachtungen	Rotationszeit $58,7 \pm 1,5$ Tage

Als gewichtetes Mittel ergab sich eine Rotationszeit von $61,14 \pm 1,68$ Tagen.

2. Beobachtungen, miteinander verglichen aus einem Zeitraum, der größer ist als die vermutete Rotationsperiode.

27. 4. 66 bis 28. 3. 68	4 Beobachtungen	Rotationszeit $58,688 \pm 0,45$ Tage
27. 4. 66 bis 28. 3. 68	5 Beobachtungen	Rotationszeit $58,996 \pm 0,055$ Tage
6. 5. 66 bis 13. 4. 68	7 Beobachtungen	Rotationszeit $58,681 \pm 0,015$ Tage
10. 8. 42 bis 30. 1. 68	3 Beobachtungen	Rotationszeit $58,652 \pm 0,010$ Tage

Als gewichtetes Mittel ergab sich eine Rotationsperiode von $58,663 \pm 0,021$ Tagen.

Von einer Gruppe Wissenschaftler wurden die alten Beobachtungen noch einmal ausgewertet. Sie fanden, daß auch darin die Rotationsperiode von etwa 59 Tagen zu erkennen war.

Diese neue Rotationsperiode von 58,663 Tagen für den Planeten Merkur läßt sich mit einer Theorie von Colombo auch verstehen. Colombo berechnete aus einer Resonanz zwischen der axialen Rotation und der Bahnrotation des Planeten eine theoretische Rotationszeit von 58,646 Tagen. Diese Zeit ist in guter Übereinstimmung mit den neuen Beobachtungen. Die 58,646 Tage entsprechen $\frac{2}{3}$ der Umlaufzeit des Planeten um die Sonne. Sm.

(Nach „Science“, Volumen 162, No. 3859, S. 175.)

Zweite Weltraumfunk-Konferenz 1971 einberufen

Die nächste Funkverwaltungskonferenz der internationalen Fernmeldeunion UIT wurde auf die Dauer von 6 Wochen für den 7. Juni 1971 nach Genf einberufen. Auf der Tagesordnung stehen 5 Themenkomplexe, die durchweg Fragen des Weltraumfunks und der Radioastronomie gewidmet sind:

1. Die gegenwärtigen technischen und Verwaltungsvorschriften der Vollzugsordnung Funk und neue Vorschriften für den Funkdienst, soweit sie den Weltraumfunk betreffen, einschließlich bemannter Raumfahrzeuge und Astronomie.
2. Funkvorschriften für bewegliche Raum- und Seefunkdienste.
3. Frequenzbereichspläne für Weltraumfunk und Radioastronomie.
4. Technische Merkmale und Frequenzverteilung von Raum- und Erdfunkstellen sowie Neuauflistung der Frequenzen für Raumfunkdienste.
5. Koordinierung der Frequenzplanung zwischen Nachrichtensatelliten und erdgebundenen Funkstrecken.

Nach der im Oktober/November 1963 ebenfalls in Genf abgehaltenen Konferenz wird die nunmehr für 1971 einberufene die 2. Weltraumfunk-Konferenz der UIT sein. H. D. N.

(Lit.: radio-mentor-electronic, 35 (1969) 8, S. 509).

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 Pfaffe

Manövriergeräte für Außenbordtätigkeit

H. SWART

Geräte, mit deren Hilfe sich Kosmonauten nach ihrem Ausstieg aus dem Raumfahrzeug koordiniert und – höchstens durch eine Leine gesichert – frei im Welt-raum bewegen können, gewinnen für die weitere Entwicklung der Raumfahrt-technik zunehmend an Bedeutung. Die Montage von Raumstationen in der Um-laufbahn ist ohne solche Manövriergeräte nicht denkbar. Sie können ferner beim Umsteigen von Kosmonauten, bei der Rettung der Besatzung eines havarierten Raumfahrzeugs und bei der Reparatur von Raumflugkörpern eingesetzt werden.

Die ersten Erfahrungen mit Manövriergeräten wurden bei den Außenbordtätig-keiten im Rahmen der Gemini-Raumflugserie gesammelt (s. Tabelle 1). Das Hand-manövriergerät, das Astronaut White nach seinem Ausstieg aus Gemini 4 benutzte, fand seinerzeit unter der Bezeichnung „Rückstoßpistole“ oder „Düsenpistole“ Ein-gang in die Schlagzeilen der Weltpresse. Es bestand im wesentlichen aus zwei klei-nen Druckflaschen, die als Treibstoff 320 g Sauerstoff enthielten, zwei Auslegern mit Düsen an den Enden, den notwendigen Ventilen und dem Betätigungsabzug. Das Gerät funktionierte zufriedenstellend; leider war aber nach relativ kurzer Zeit der geringe Treibstoffvorrat verbraucht.

Aus diesem Grunde wurde für Gemini 8 ein neues Handmanövriergerät mit grö-ßerer Treibstoffmenge entwickelt. Es war vorgesehen, daß Kopilot Scott bei seinem Ausstieg auf dem Rücken einen Behälter mit 8,2 kg Freon 14 tragen sollte. Infolge des vorzeitigen Abbruchs des Fluges von Gemini 8 kam dieses Manövriergerät je-doch nicht zum Einsatz. Mit Freon 14 (Tetrafluormethan) läßt sich auf Grund des hohen Molekulargewichts von 88 nur ein spezifischer Impuls von 33,4 s erzielen. Deshalb wurde für die Außenbordtätigkeit von Gemini 10 und 11 das Freon 14 gegen 4,9 kg Stickstoff (Molekulargewicht 28) ausgetauscht. Der spezifische Impuls erhöhte sich dadurch auf 63 s und die gesamte verfügbare Geschwindigkeitsver-änderung Δv auf 25,6 m/s, d. h. auf das 14fache der mit der Düsenpistole von White erreichten Δv .

Damit waren die Möglichkeiten von Handmanövriergeräten erschöpft. Ihr Nachteil ist vor allem darin zu suchen, daß sie dem Kosmonauten nicht beide Hände zur Arbeit frei lassen. Außerdem ist der zur Verfügung stehende Gesamtimpuls zu gering.

Schon beim Flug von Gemini 9 sollte deshalb das Manövriergerät der zweiten Generation, AMU genannt, erprobt werden (3). AMU besitzt die Form eines rechteckigen Kastens, eine Masse von 76 kg und wird auf dem Rücken getragen. Zu seiner Ausrüstung gehören: Antriebssystem mit zwölf Düsen für Bewegungen im Raum, automatisches Lagestabilisierungssystem, Sauerstoffvorrat und Klimaanlage sowie Systeme zur Stromversorgung, UHF-Nachrichtenübermittlung, Telemetrie und Störungsanzeige. Als Treibstoff wird ein Gemisch aus 90 % Wasserstoffperoxid und 10 % Wasser verwendet.

Mit diesem Manövriergerät sollte sich ein Astronaut völlig autonom eine Stunde im freien Raum aufhalten und dabei bis auf 300 m vom Raumfahrzeug entfernen können. Die verfügbare Geschwindigkeitsänderung betrug 75 m/s. Theoretisch wäre das ausreichend, um einen Astronauten in niedriger Umlaufbahn soweit abzubremesen, daß er auf eine Rückkehrbahn zur Erde gelangt.

AMU war außen am Adapter von Gemini 9 angebracht. Astronaut Cernan sollte das Gerät dort aufnehmen, in Betrieb setzen und die Rettung eines Astronauten aus Raumnot simulieren. Der Versuch konnte aber wegen technischer Schwierig-

Tabelle 1: Außenbordtätigkeit im Gemini-Programm (1)

Flug Nr.	Lebenserhaltungssystem	Länge der Nabelschnur m	Manövriergerät	Dauer der Außenbordtätigkeit außerhalb der Kapsel		
				min	Sitz stehend min	Gesamt min
4	VCM	7,5	Handmanövriergerät	36	—	36
8	ELSS	7,5	Handmanövriergerät	—	—	—
9	ELSS, AMU	7,5	AMU	127	—	127
10	ELSS	15	Handmanövriergerät	39	50	89
11	ELSS	9	Handmanövriergerät	33	130	163
12	ELSS	7,5	keines	126	204	330
				361	384	745

VCM = Ventilation Control Module; ELSS = Extravehicular Life-Support System; AMU = Astronaut Maneuvering Unit

Tabelle 2: Manövriergeräte für Außenbordtätigkeit (2)

	Handmanövriergeräte			AMU
	GT 4	GT 8	GT 10 u. 11	GT 9
Treibstoff	O ₂	Freon 14	N ₂	90 %iges H ₂ O ₂
Gesamtimpuls, kp·s	18	272	306	1400
Schub, kp	0–0,9	0–0,9	0–0,9	2
Gesamte verfügbare Δv, m/s	1,83	16,5	25,6	75
Druck im Vorratsstank, at	280	350	350	—
Spezifischer Impuls, s	—	33,4	63	169
Leermasse, kg	3,1	a)	a)	—
Treibstoffmasse, kg	0,32	8,2	4,9	11
Masse des Handgeräts, kg	3,42	1,36	1,36	—
Masse des AMU, kg	—	—	—	76
Masse des Astronauten, kg	—	—	118	185

a) Treibstoff wird in einem Tank zusammen mit einem zweiten Behälter mit O₂ für das Lebenserhaltungssystem auf dem Rücken getragen.

keiten nicht ausgeführt werden. Neben der schlechten Sprechfunkverbindung war es besonders die mangelhafte Leistung der Klimaanlage, die Cernan zum Abbruch des Experimentes zwang. Die übermäßige Transpiration des Astronauten führte bald nach dem Anschluß von AMU an den Raumanzug zum Beschlagen der Sichtscheibe des Helms und nahm Cernan jede Orientierungsmöglichkeit.

Wie bei fast allen anderen Außenbordtätigkeiten im Geminiprogramm zeigte sich auch hier, daß die Astronauten, wahrscheinlich auf Grund der außerordentlichen emotionalen Belastung, einen höheren Stoffwechsel und damit eine weit größere Wärmeproduktion aufwiesen, als nach den Ergebnissen der Bodenversuche zu erwarten war.

Die Kühlkapazität der Klimaanlage hatte man für eine thermische Belastung von 350 kcal/h projektiert, tatsächlich traten aber nahezu 500 kcal/h auf. Diese Erfahrung wurde bei der Weiterentwicklung von Manövriegeräten berücksichtigt.

Tabelle 2 faßt die wichtigsten technischen Daten der im Gemini-Programm eingesetzten Geräte zusammen.

Im Apollo-Programm ist vorläufig ein Einsatz von Manövriegeräten bei Außenbordtätigkeit im Weltraum nicht vorgesehen. Solche Versuche werden wahrscheinlich erst im Apollo-Anwendungsprogramm im Zusammenhang mit Arbeiten am Orbital Workshop wieder aufgenommen. Ein Manövriegerät der dritten Generation wird gegenwärtig bei der Firma Bell Aerosystems entwickelt (4). Die „Dual Purpose Manoeuvring Unit“ (Doppelzweck-Manöviereinheit) kann zusätzlich von einem Raumfahrzeug aus ferngesteuert werden und ist mit einer Fernsehkamera ausgerüstet. Das Gerät kann bemannt oder unbemannt eingesetzt werden und eignet sich zur Rettung von Astronauten.

Auch die US Air Force zeigt großes Interesse für Manövriegeräte (5). Ein wesentlicher Grund ist wahrscheinlich deren Einsatzmöglichkeit bei der Inspektion fremder Raumflugkörper.

Im Auftrage der US-Luftwaffe entwickeln Ingenieure der Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, und der Defense Electronic Products Div. der RCA in Camden, N. J., ein Steuersystem für Manövriegeräte, das auf die menschliche Stimme anspricht. Erste Versuche zeigten, daß das System 14 Befehlsworte in englischer Sprache wie z. B. Stop! Zurück! Rechts! Hinauf! Rollen! versteht und darauf reagiert. Sprachgesteuerte Manövriegeräte würden die Hände der Astronauten für die Arbeit völlig freihalten. Sie eignen sich ferngesteuert auch vorzüglich für Rettungsaktionen. Im August 1968 wurde das erste System an die Air Force geliefert und mit den Stimmen von drei verschiedenen Personen getestet. Über die Ergebnisse ist nichts verlautet.

Im Rahmen der zukünftigen Experimente mit dem Raumlaboratorium Sojus werden sicherlich auch sowjetische Kosmonauten bei ihrer Außenbordtätigkeit Manövriegeräte benutzen. Der Lösung eines wesentlichen Teilproblems, nämlich der Entwicklung eines leistungsfähigen autonomen Lebenserhaltungssystems, sind die sowjetischen Techniker schon sehr nahe gekommen. Das bewies die einstündige Außenbordaktivität und das Umsteigmanöver der sowjetischen Kosmonauten Chronow und Jelissegew beim Flug von Sojus 4 und 5.

Literatur

- [1] Gemini Summary Conference, Febr. 1-2, 1967, Houston, Texas, NASA Washington, 1967. — [2] ebd. S. 91 u. f. — [3] Raumfahrtforschung 10 (1966) 2 S. 101. — [4] ebd. 12 (1968) 1, S. 43. — [5] Ordnance (1968) Nov./Dec. S. 330.

Die Entwicklung des Höhenrekords vom ersten Heißluftballon bis Apollo 10

H. SWART

Der Wunsch, sich dem Vogel gleich in die Luft zu erheben und immer höher in den Himmel oder gar bis zu den Gestirnen vorzudringen, beherrschte die Menschen seit Jahrtausenden. Davon zeugen die alten Sagen von Dädalus und Ikarus, vom sumerischen König Etam oder von dem chinesischen Mandarin Wan Hu. Die Beweggründe reichen von religiösen Mythen über den elementaren menschlichen Wissensdurst und Schöpferdrang bis zu rein pragmatischen Motiven.

Die ersten Menschen, die sich nachweislich mit einem Luftfahrzeug vom Erdboden erhoben, waren die beiden Franzosen Pilatre de Rozier und Marquis d'Arlandes. Am 21. November 1783 stiegen sie unter dem Jubel der versammelten Volksmassen in Paris mit einem Heißluftballon der Gebrüder Montgolfier zu einer halbstündigen Luftreise auf. Die Gipfelhöhe mag einige hundert Meter betragen haben; genau war sie nicht festzustellen, da keine Meßinstrumente mitgeführt wurden. Nur zehn Tage später erreichte Professor Charles mit seinem selbstgebauten Wasserstoffballon eine Höhe von 2700 Metern.

Die Höhenluftfahrt wurde 140 Jahre lang von den wasserstoffgefüllten Freiballons beherrscht. Mit einem solchen stiegen die Deutschen Berson und Süring 1901 bis nahezu an die Tropopause.

Erst 1923 gelang es dem Franzosen Sadi-Lecointe in einem Fahrzeug schwerer als Luft, einem Nieuport-Eindecker, bis in die Stratosphäre vorzustoßen und damit eine größere Höhe zu erreichen als je zuvor ein Mensch in einer Ballongondel. Der Engländer Gray konnte zwar 1927 diesen Rekord in einem Ballon überbieten, büßte aber dabei sein Leben ein. Dieser Aufstieg zeigte, daß die Grenze des Freiballons erreicht war.

Die Renaissance der Ballon-Rekorde erfolgte 1931, als der Schweizer Professor Piccard zusammen mit seinem Assistenten Kipfer in einem Stratosphärenballon mit geschlossener Gondel auf eine Höhe von über 15 km gelangte.

Bei den zahlreichen Ballonaufstiegen in die Stratosphäre — nach dem zweiten Weltkrieg mit Helium als Füllgas — wurde der Höhenrekord schließlich 1957 auf 30,6 km geschraubt. Dann lösten reaktiv angetriebene Fahrzeuge den Ballon endgültig ab und setzten den Sturm Lauf in die dritte Dimension fort. Zunächst gelang es dem Amerikaner Jordan im Jahre 1959 in einer F 104 C auf 31,5 km zu klettern. Im März 1961 stieg Walker mit dem Raketenflugzeug X-15 auf 51,5 km und damit bis in die Mesosphäre. Dann erfolgte der Schritt von der Luft- zur Raumfahrt.

Am 12. April 1961 führte der historische erste Raumflug den sowjetischen Kosmonauten Juri Gagarin mit einem Apogäum von 327 km in die Thermosphäre. Der Höhenrekord wurde anschließend mit den Flügen der Raumschiffe Woßchod 1 und 2, Gemini 10 und 11 verbessert. Dabei stießen die Amerikaner Conrad und Gordon in Gemini 11 bis in die Exosphäre vor.

Im Dezember 1968 erfolgte dann der große Sprung. Die Besatzung des Raumschiffs Apollo 8 verließ erstmals Atmosphäre und Anziehungsbereich unseres Planeten und erreichte bei ihren Mondumkreisungen mit 375 000 km die bis dahin

größte Entfernung von der Erdoberfläche. Dieser Abstand konnte beim Flug von Apollo 10 um etwa 25 000 km vergrößert werden, da der Mond zur Zeit dieser Mission sein Apogäum durchlief.

Der bestehende Rekord kann in den folgenden Jahren mit einem Mondumflug auf weitausholendem Bogen allenfalls um einige zehntausend Kilometer überboten werden. Die nächste große Steigerung, dann allerdings um zwei bis drei Größenordnungen, ist erst mit dem Einsetzen der interplanetaren Raumfahrt zu erwarten. Das wird jedoch nicht vor 1980 sein.

Tabelle 1: GröÖte erreichte Höhen bzw. Entfernungen von der Erdoberfläche

Höhe (km)	Fahrzeug	Staat	Piloten	Datum
?	Heißluftballon	Frankreich	de Rozier d'Arlandes	21. 11. 1783
2,7	Wasserstoffballon	Frankreich	Charles	1. 12. 1783
4,0	Heißluftballon	Frankreich	de Rozier Proust	20. 6. 1784
7,0	Wasserstoffballon	Hamburg	Robertson Lhoest	18. 7. 1803
7,016	Wasserstoffballon	Frankreich	Gay-Lussac	24. 8. 1804
7,9	Wasserstoffballon	England	Green Rush	1839
9,0	Wasserstoffballon	England	Coxwell Glaisher	5. 9. 1862
9,155	Wasserstoffballon	Deutschland	Berson	4. 12. 1894
10,800	Wasserstoffballon	Deutschland	Berson Süring	31. 7. 1901
11,145	Nieuport-Eindecker	Frankreich	Sadi-Lecointe	1923
12,800	Wasserstoffballon	England	Gray †	14. 12. 1927
12,739	Junkers W 34	Deutschland	Neuenhofen	26. 5. 1929
15,781	Stratosphärenballon „FNRS“	Schweiz	A. Piccard Kipfer	27. 5. 1931
16,201	Stratosphärenballon „FNRS“	Schweiz	A. Piccard Cosyns	18. 8. 1932
18,500	Stratosphärenballon „SSSR“	UdSSR	Prokofjew Birnbäum Godunow	30. 9. 1933
18,665	Stratosphärenballon „Century of Progress“	USA	Settle Fordney	20. 11. 1933
22,000	Stratosphärenballon „Ossoawiachim 1“	UdSSR	Fedossenko † Wassenko † Usyskin †	30. 1. 1934
22,066	Stratosphärenballon „Explorer 2“	USA	Stevens Anderson	11. 11. 1935
23,164	Stratosphärenballon	USA	Bors Lewis	1956
29,200	Stratosphärenballon	USA	Lewis Ross	10. 11. 1956
30,600	Stratosphärenballon	USA	Simons	19. 8. 1957

Höhe (km)	Fahrzeug	Staat	Piloten	Datum
31,515	Lockheed F-104 C	USA	Jordan	14. 12. 1959
41,605	Raketenflugzeug X-15	USA	White	12. 8. 1960
51,460	Raketenflugzeug X-15	USA	Walker	30. 3. 1961
327	Raumschiff „Wostok 1“	UdSSR	Gagarin	12. 4. 1961
409	Wostochod 1	UdSSR	Komarow Peoktistow Jegorow	12. 10. 1964
495	Wostochod 2	UdSSR	Beljajew Leonow	18. 3. 1965
767	Gemini 10	USA	Young Collins	18. 7. 1966
1367	Gemini 11	USA	Conrad Gordon	12. 9. 1966
375000	Apollo 8	USA	Borman Lovell Anders	24. 12. 1968
400000	Apollo 10	USA	Stafford Cernan Young	21. 5. 1969

**Tabelle 2: Erstflüge in den verschiedenen Bereichen der Atmosphäre und des Welt-
raums**

Höhe km	Bereich	Erster Flug		
		Fahrzeug	Piloten	Jahr
7,5 Md.	Interstellarer Raum			
	interplanetarer Raum			
400 000	cislunarer Raum	Apollo 8	Bormann Lovell Anders	1968
~ 3000	Exosphäre	Gemini 11	Conrad Cordon	1966
800	Thermosphäre	Wostok 1	Gagarin	1961
90	Mesosphäre	Raketen- flugzeug X-15	Walker	1961
50	Stratosphäre	Motorflug- zeug Nieuport	Sadi-Lecointe	1923
11	Troposphäre	Heißluftballon	de Rozier d'Arlandes	1783

INTELSAT IV

H. D. NAUMANN

Wie wir bereits in einem früheren Beitrag berichteten, wird gegenwärtig im Auftrag des Internationalen Fernmeldesatelliten-Konsortiums „Intelsat“ die 4. Generation von Fernmeldesatelliten vorbereitet, die etwa 1972 einsatzreif sein soll. Außer dem Prototyp sollen nach bisher bekannt gewordenen Angaben von „Intelsat IV“ vier einsatzfähige Exemplare hergestellt werden.

Die Kosten dieser vier Satelliten werden mit 72 Millionen Dollar veranschlagt. Sie verteilen sich auf Lieferungen und Leistungen der Industrie folgender Staaten:

USA	53 Mio Dollar	Japan	1,1 Mio Dollar
England	7,3 Mio Dollar	Belgien	0,85 Mio Dollar
Frankreich	3,9 Mio Dollar	Italien	0,80 Mio Dollar
Westdeutschland	2,7 Mio Dollar	Schweiz	0,80 Mio Dollar
Kanada	1,4 Mio Dollar	Rest: Schweden, Spanien	

Generalauftragnehmer ist, wie auch für die vorangegangenen Intelsat-Typen, die Hughes Aircraft Co., Culver-City, Kalifornien.

„Intelsat IV“ ist ein synchroner, aktiver Nachrichtensatellit, der sich von seinen Vorgängern durch eine höhere Leistungsfähigkeit, größere Nutzmasse und verbesserte technische Systeme und Ausrüstungen unterscheidet. Er wird eine Nutzmasse von etwa 1,1 t haben. Für Durchmesser und Höhe wurden Limitwerte von 269 und 274 cm vorgegeben. Die Lebensdauererwartung liegt bei 7 Jahren und damit 2 Jahre höher als bei „Intelsat III“. Für die Kapazität sind 6000 zweiseitige Fernsprechanäle oder mindestens 12 Fernsehkanäle vorgesehen, wobei die Ausgangsleistung 7,5 W je Kanal beträgt. Die Satelliten sind drallstabilisiert mit einem Drall von 64 U/min.

Neu ist für die Intelsat-Satelliten, daß zwei Hornparabolantennen vorgesehen sind, die je einen kegelförmigen Öffnungswinkel von 17° haben und die globale Ausleuchtung eines Gebietes von etwa $\frac{1}{3}$ der Erdoberfläche erlauben. Daneben ist eine Sendeantenne mit 4,5° Öffnungswinkel vorhanden, mit der ein eng begrenztes Gebiet ausgeleuchtet werden kann. Acht der zwölf Fernsehkanäle können über Frequenzweichen wahlweise einer der 17°-Antennen oder der begrenzt strahlenden Antenne zugeschaltet werden, vier Kanäle sind fest mit der Antenne für die globale Ausstrahlung verbunden. Bei Betrieb der Sendeantenne mit geringem Öffnungswinkel beträgt die effektive Strahlungsleistung je Kanal 2,5 kW.

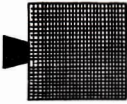
Der gesamte Leistungsbedarf eines Intelsat IV-Satelliten liegt bei 480 W, also etwa dem Viefachen eines Intelsat III-Satelliten. Die Energiegewinnung erfolgt durch rund 50 000 Solarzellen, die auf der Satellitenoberfläche angebracht sind. Verwendet werden blauempfindliche SiO/SiO₂-bedampfte, monokristalline np-Zellen von 0,3 mm Dicke und 2 cm Kantenlänge. Bei 28 °C Sperrschichttemperatur liefert eine solche Zelle unter Raumbedingungen bei optimalem Arbeitspunkt etwa 60 mW.

Für den Start der Intelsat IV-Satelliten sind Titan III B/Agena oder Atlas-Centaur-Raketen vorgesehen.

Literatur

Literatur: Funkschau, 41 (1969), H. 11, S. 337–338

Daten der vier Intelsat - Satellitengenerationen

	Intelsat I	Intelsat II	Intelsat III	Intelsat IV
Größenvergleich (ohne Antenne)				
Durchmesser cm	61	142	142	269
Höhe ohne Antenne cm	59	67	108	274
Masse kg	68	162	281	1100
Telefonkanäle oder TV - Kanäle	240 2	240 2	1000 4	ca. 6000 ≥ 12
Senderleistung W	2 × 4	4 × 6	2 × 11	12 × 75
Antennengewinn b. 4 GHz dB	9	5	13,5	17 ü. 28
Lebensdauerwart. Jahre	1,5	3	5	7
Leistungsbedarf W	45	83	130	480
Zugriff	einfach	mehrfach	mehrfach	mehrfach

2179 Himmelscharlotten 15

Astronomie und Raumfahrt