



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

Die Sternsysteme der lokalen Gruppe · Dr. Ch. Friedemann	1
--	---

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung des Kometen Abé (1970 g) · Dietmar Böhme	11
--	----

Aus der Literatur

Einfluß der Kosmosforschung auf die Weltanschauung	12
Ameisensäure im Weltraum? — Ursache des Apollo-13-Unglücks geklärt — Marsmond Phobos wurde fotografiert — Holländisches Radioteleskop in Westerbork in Betrieb genommen — Laser simuliert Mondprozesse	13
Neue Funkanlage für Apollo-Flüge der J-Serie	14
Lunochod 1 mißt kosmische Strahlung	4. Umschlagseite

Bildseiten:

XXI. IAF-Kongreß	15—18
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	19

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Einige Ergebnisse des XXI. IAF-Kongresses · Karl-Heinz Neuman	25
Elektronik und Raumfahrt · H. D. Naumann	30

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; Heinz Albert; 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 1971 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: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Die Sternsysteme der lokalen Gruppe

Dr. CHRISTIAN FRIEDEMANN

Allgemeines

Als Hubble 1936 sein bekanntes Buch „Das Reich der Nebel“ veröffentlichte, herrschte die Meinung vor, daß die meisten Sternsysteme verhältnismäßig gleichmäßig im Raum verteilt sind. Ausnahmen davon bildeten einige Galaxienhaufen wie z. B. die in den Sternbildern Jungfrau und Haar der Berenike. Die Ansicht über die räumliche Anordnung der Sternsysteme änderte sich jedoch grundlegend, als moderne lichtstarke Schmidtteleskope zur extragalaktischen Forschung eingesetzt wurden. Die Durchmusterung der Aufnahmen der Palomar Observatory Sky Survey ergab, daß die Verteilung der Galaxien am Himmel relativ ungleichmäßig ist. Etwa 10 % aller Sternsysteme sind Mitglieder größerer Haufen. Der überwiegende Teil der Galaxien bildet kleinere Haufen und Ansammlungen. Eine statistische Untersuchung der Galaxienhaufen angehörenden Sternsysteme führte zu dem interessanten Ergebnis, daß die Hubbleschen Haupttypen von Galaxien offensichtlich verschieden stark in den Haufen konzentriert sind. Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, kommen etwa 56 % der elliptischen Sternsysteme in größeren Haufen vor, während beispielsweise 48 % der spiralförmigen und irregulären Systeme isolierte Feldgalaxien sind.

Tabelle 1:

Prozentuale Häufigkeit der in dem Shapley-Ames-Katalog enthaltenen Galaxien, die Haufen angehören (nach S. van den Bergh).

	elliptische Systeme	spiralförmige und irreguläre Systeme
Galaxien in relativ reichen Haufen	56 %	38 %
Galaxien in armen Haufen	20	14
Galaxien im allgemeinen Feld	24	48

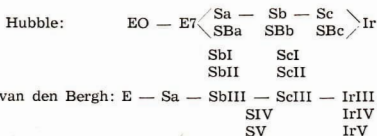
Das Milchstraßensystem gehört ebenfalls einem kleineren Galaxienhaufen an, der gewöhnlich als „lokale Gruppe“ bezeichnet wird. Die bekanntesten Mitglieder sind neben der Galaxis der Andromedanebel (M 31), das Sternsystem im Sternbild Dreieck (M 33) und die beiden Magellanschen Wolken. Eine Zusammenstellung aller bisher bekannten Mitglieder der lokalen Gruppe enthält die Tabelle 2. In ihr sind neben den Katalogbezeichnungen bzw. Namen der Galaxien deren Typen, absolute visuelle Gesamthelligkeiten, Entfernungen vom Milchstraßensystem, Durchmesser, Gesamtmassen und das jeweilige Verhältnis von Wasserstoffmasse zur Gesamtmasse aufgeführt. Die Typenbezeichnungen entsprechen dem von van den Bergh aufgestellten Klassifikationsschema, das neben einer Angabe der Form der Sternsysteme auf den Entwicklungsgrad ihrer Spiralstruktur eingeht. Da die am ausgeprägtesten entwickelte Spiralstruktur mit dem Auftreten der absolut hellsten Sterne eng gekoppelt ist, verwendet van den Bergh in Anlehnung an die Klassifikation von Einzelsternen die römischen Zahlen von I bis V zur Kennzeichnung der Leuchtkraft (I: Überriesen, II: helle Riesen, III: Riesen, IV: Unterriesen, V: Zwerge). Zu Vergleichszwecken sind das Hubblesche Schema und das von van den Bergh daraus weiterentwickelte nachstehend angegeben.

Tabelle 2:

Mitglieder der lokalen Gruppe (Daten nach der Zusammenstellung von S. van den Bergh):

Sternsystem	Typ (v. d. Berghsche Klassifikation)	absolute visuelle Helligkeit M_v	Entfernung [kpc]	Durchmesser [kpc]	Gesamtmasse [$M_\odot$]	Wasserstoff- masse/Gesamt- masse
M 31 $\triangle$ NGC 224	Sb I—II	—21 ^m 1	690	50	$3,1 \cdot 10^{11}$	0,012
Galaxis	Sb oder Sc	—20?	8,7*)	30	$1,3 \cdot 10^{11}$	0,02
M 33 $\triangle$ NGC 598	Sc II—III	—18,9	690	13	$3,9 \cdot 10^{10}$	0,033
Große Mag. Wolke	Ir oder SBc III—IV	—18,5	50	10	$6 \cdot 10^9$	0,09
Kleine Mag. Wolke	Ir IV oder Ir IV—V	—16,8	60	4,4	$1,5 \cdot 10^9$	0,32
NGC 205	E6p	—16,4	690	$5 \times 3,2$	—	—
M 32 $\triangle$ NGC 221	E2	—16,4	690	$2,4 \times 1,6$	$4 \cdot 10^9$	—
NGC 6822	Ir IV—V	—15,7	460	$2,7 \times 1,3$	—	—
NGC 185	dE0	—15,2	690	$2,8 \times 2,4$	—	—
NGC 147	dE ₁	—14,9	690	$3,6 \times 2,4$	—	—
IC 1613	IrV	—14,8	740	5	—	0,17
Fornax	sphärisch	—13,6	190	$\approx 0,9$	$3,9 \cdot 10^8$	—
Sculptor	"	—11,7	80	$\approx 0,3$	—	—
Leo I	"	—11,0	220	$\approx 0,3$	—	—
Leo II	"	—9,4	220	$\approx 0,2$	—	—
Ursa Minor	"	—8,8	70	$\approx 0,2$	—	—
Draco	"	—8,6	70	$\approx 0,1$	—	—

*) Die bei der Galaxis angegebene Entfernung entspricht der Sonnenentfernung vom galaktischen Zentrum.



Die Existenz der lokalen Gruppe war bereits Mitte der 30er Jahre bekannt; die schwächeren Mitglieder in ihr wurden jedoch erst später entdeckt. Es ist ganz offensichtlich, daß innerhalb der lokalen Gruppe zwei leichte Anhäufungen bestehen. Die eine wird durch den Andromedanebel und seine Begleiter NGC 205, M 32, NGC 147, NGC 185 und die Galaxie M 33 gebildet, der anderen Untergruppe gehören unser Milchstraßensystem, die beiden Magellanschen Wolken und wahrscheinlich die drei nächsten sphärischen Zwergsysteme an.

Neben den Galaxien enthält die lokale Gruppe noch eine Anzahl im intergalaktischen Raum befindlicher Kugelsternhaufen. Ob diese Objekte tatsächlich „selbständig“ sind oder als außenliegende Begleiter des Milchstraßensystems anzusehen sind, ist gegenwärtig noch nicht geklärt. Nur im Falle des sich höchstwahrscheinlich mit hyperbolischer Geschwindigkeit durch die Galaxis bewegenden Kugelsternhaufens NGC 5694 ist die intergalaktische Zugehörigkeit einigermaßen sicher.

Die Galaxien der lokalen Gruppe haben für die eingehende Untersuchung der in ihnen vorkommenden Sternbevölkerung und interstellaren Materie eine große Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache besonders hervorzuheben, daß die Galaxien glücklicherweise eine bemerkenswerte Vielfalt der Erscheinungsformen aufweisen. Neben Spiralsystemen vom Hubbletyp Sb und Sc sind irreguläre Systeme sowie elliptische und sphärische Zwerggalaxien vorhanden. Leider enthält die lokale Gruppe keine Vertreter der elliptischen Riesengalaxien, von spiralförmigen Sa-Systemen oder von Balkenspiralen.

Die Anzahl der Einzeluntersuchungen in unserem Sternsystem, aber auch in den benachbarten Galaxien, ist schon jetzt sehr hoch, und es liegen sehr interessante Ergebnisse vor. Von ihnen werden nur die am wichtigsten erscheinenden herausgegriffen und hier referiert. Diese Darstellung erhebt deshalb keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Das Milchstraßensystem

So befruchtend sich die extragalaktische Forschung auf die Untersuchung unseres Milchstraßensystems ausgewirkt hat, einige wesentliche Fragen sind bis jetzt offen geblieben. Unter anderem ist der Hubbletyp unserer Galaxis noch nicht eindeutig bestimmt. Während der Anteil des in der Galaxis vorkommenden Wasserstoffs, die Spiralstruktur nach den 21-cm-Beobachtungen des neutralen Wasserstoffs, bestimmte Merkmale in der Radiokontinuumsstrahlung sowie die Existenz eines zentralen Kernes für den Typ Sb sprechen, legen die Form der auf optischem Wege nachgewiesenen Spiralarmteile, die Rate der Sternentstehung und das Vorhandensein einer riesigen Wolke ionisierten Wasserstoffs W 49 (49. Objekt eines Radioquellenkataloges von Westerhout) — die vielen kleineren Wolken sind in diesem Zusammenhang unwesentlich — den Hubbleschen Typ Sc nahe. Die Wasserstoffwolke W 49 ist z. B. 300mal heller als der bekannte Nebel im Sternbild Orion.

Eine weitere Klärung der Spiralarmordnung im großen rückt in den Bereich der Möglichkeit, wenn eine vollständige Durchmusterung der Galaxis nach Wolken ionisierten Wasserstoffs (HII-Gebieten) im „Lichte“ der vor wenigen Jahren entdeckten Radiorekombinationslinien des Wasserstoffs und des Heliums vorliegt.

Die bisher auf diesem Gebiet der Radioastronomie gewonnenen Ergebnisse stehen nicht im Widerspruch zu den bereits erwähnten Resultaten der 21-cm-Beobachtungen.

Da manche Beobachtungsdaten für den Hubbletyp Sb, andere dagegen für Sc sprechen, ist es naheliegend, unser Milchstraßensystem einem Zwischentyp zuzuordnen.

Die Masse unseres Sternsystems beträgt etwa $1,3 \cdot 10^{11}$ Sonnenmassen, und sein Durchmesser ungefähr 30 kpc. Der Anteil des Wasserstoffs an der Gesamtmasse wird auf 1 bis 2 % geschätzt, wobei diese Angabe noch um einen Faktor 2 unsicher sein kann. Die flache diskusförmige Scheibe, in der sich der Großteil der Sterne und die nichtstellare Materie befinden, ist in einem ausgedehnten sphärischen Halo eingebettet, der von den Kugelsternhaufen und Sternen mit großen Geschwindigkeiten senkrecht zur galaktischen Ebene gebildet wird. Die Masse der im Halo enthaltenen Sterne wird auf etwa 5 % der Gesamtmasse des Milchstraßensystems geschätzt.

Mit geeigneten Infrarotdetektoren gelang es, die kernnahen Gebiete des Milchstraßensystems zu erfassen. Es hat eine lineare Ausdehnung von ungefähr 2 bis 3 kpc, wenn man eine Sonnenentfernung zu ihm von 8,7 kpc annimmt. Durch Infrarotmessungen bei einer Wellenlänge von $\lambda = 2,2 \mu\text{m}$ wiesen Becklin und Neugebauer den zentralen Teil des Kerngebietes nach. In ihm sind auf einem kugelförmigen Raum von nur 10 pc Durchmesser vermutlich 10^7 Sterne angehäuft. Vom Kerngebiet der Galaxis geht auch eine intensive Radiostrahlung aus, die wie die Infrarotstrahlung von der vorgelagerten staubförmigen Materie kaum beeinflusst wird. Es gilt als erwiesen, daß die Radiostrahlung von mehreren Quellen emittiert wird.

Aus Untersuchungen der den Beobachtungen zugänglichen randnahen Zonen des Kerngebietes der Galaxis insbesondere durch Baade weiß man, daß die Sterne dort vorwiegend der Population II angehören. Es gibt aber höchstwahrscheinlich auch metallreiche Riesensterne vom Spektraltyp M. An der spektroskopischen Untersuchung der Sterne des Kerngebietes besteht großes Interesse, da auf diese Weise Informationen über ihren Metallgehalt eingeholt werden könnten. Da uns der optische Durchblick zum Kerngebiet versperrt ist, sind die sich ergebenden Schwierigkeiten bei der Beschaffung der Spektren nahezu unüberwindlich. Auf eine schwache Möglichkeit, doch zu dem erforderlichen spektroskopischen Beobachtungsmaterial zu kommen, wies van den Bergh hin. Falls sich in einer geeigneten Position über der galaktischen Ebene eine interstellare Wolke befände, könnte sie als „Relaisstation“ für das von den Sternen der Kernregion emittierte Licht dienen. Die Wolke müßte nur einen ausreichenden Gehalt an klassischen Staubteilchen aufweisen, an denen das Sternlicht gestreut und damit auch ein Teil in unsere Richtung gelenkt wird.

Die Magellanschen Wolken

Die bei der Betrachtung mit bloßem Auge als getrennte Teile der südlichen Milchstraße erscheinenden beiden Magellanschen Wolken sind die uns nächsten extragalaktischen Sternsysteme. Sie befinden sich in Entfernungen von 50 kpc (große Magellansche Wolke) bzw. 60 kpc (kleine Magellansche Wolke) von uns. Diese Entfernungen betragen weniger als $1/10$ der Distanz zum Andromedanebel. Für die Erforschung der beiden Sternsysteme bedeutet die sehr geringe Entfernung, daß z. B. schon mit einem Teleskop von 50 cm Öffnung bessere Beobachtungsbedingungen vorliegen als mit dem 5-m-Spiegel bei entsprechenden Untersuchungen des Andromedanebels. Beispielsweise erlaubt die große Nähe der beiden Magellanschen Wolken, von den in ihnen enthaltenen offenen Sternhaufen Farben-Helligkeits-Diagramme aufzustellen.

Wie aus den in Tabelle 2 zusammengestellten Daten zu entnehmen ist, konnte bisher der Hubbletyp der beiden Sternsysteme nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Die Hauptursache hierfür ist darin zu suchen, daß die Magellanschen Wolken und die zum Vergleich herangezogenen irregulären Galaxien mit Teleskopen unterschiedlicher Brennweite aufgenommen werden müssen, um etwa gleichgroße Bilder von ihnen zu bekommen. Bei Vergleichen solcher Aufnahmen ist aber mit dem Auftreten von systematischen Fehlern zu rechnen.

Neben den in großer Zahl in den Magellanschen Wolken vorkommenden jungen offenen Sternhaufen wurden auch Kugelsternhaufen entdeckt und eingehend untersucht. Selbstverständlich waren auch Feldsterne Gegenstand einiger Untersuchungen. Eine große Anzahl verschiedener Typen von Veränderlichen Sternen gehört ebenfalls den Magellanschen Wolken an. In diesem Zusammenhang sei an die bereits 1907 bei Arbeiten über die dort gefundenen Delta-Cephei-Sterne erfolgte Entdeckung der Perioden-Helligkeits-Beziehung durch Miss Leavitt erinnert. Auf die fundamentale Bedeutung dieser Beziehung für die Entfernungsbestimmung weit entfernter Objekte wie etwa der Sternsysteme braucht hier nur kurz hingewiesen zu werden.

Faßt man die vielen Einzelergebnisse zusammen und vergleicht sie mit entsprechenden Resultaten von unserem Milchstraßensystem, dann sind gewisse Unterschiede festzustellen: Das „rote Ende“ der Farben-Helligkeits-Diagramme einiger in den Magellanschen Wolken befindlicher Kugelsternhaufen weicht in dem Sinne von den bei uns vorkommenden Objekten ab, daß sich der horizontale Riesenast bis über Farbenindexwerte von $(B-V) = 2,0$ mag hinaus erstreckt. Sterne mit derartig großen Farbenindizes ähneln schon den in unserer Galaxis vorkommenden Kohlenstoffsternen. Die in den Magellanschen Wolken befindlichen Cepheiden unterscheiden sich von ihren galaktischen „Artgenossen“ in bezug auf ihre Farbe und der mittleren Perioden-Helligkeits-Beziehung. Das interstellare Gas in der großen Magellanschen Wolke, eventuell auch in der kleinen Magellanschen Wolke, enthält weniger Staub als das galaktische Gas. Weiterhin ist der prozentuale Anteil des interstellaren Gases in beiden Magellanschen Wolken größer als in unserem Sternsystem. Der zuletzt genannte Befund läßt sich dahingehend deuten, daß die Magellanschen Wolken entwicklungsmäßig jünger sind als das Milchstraßensystem.

Die nur kurz skizzierten Unterschiede zwischen den Magellanschen Wolken und der Galaxis sind sowohl bei den Vertretern der alten als auch bei den Mitgliedern der jungen Sternpopulationen vorhanden. Möglicherweise sind verschiedene Häufigkeiten im Heliumgehalt oder im Anteil der noch schwereren Elemente für die gefundenen Differenzen verantwortlich zu machen.

Der Andromedanebel (M 31)

Mit einer gewissen Berechtigung könnte man den Andromedanebel als einen „größeren Bruder“ unseres Milchstraßensystems bezeichnen. Wie ein Blick auf die in Tabelle 2 enthaltenen Daten zeigt, sind die zwischen beiden Sternsystemen bestehenden Unterschiede kleiner als zu allen anderen Mitgliedern der lokalen Gruppe.

Die mit verschiedenen Bestimmungsmethoden abgeleitete Entfernung des Andromedanebels beträgt 690 kpc. Hieraus und aus der scheinbaren Ausdehnung ergibt sich sein wahrer Durchmesser zu 50 kpc. Infolge der starken Neigung der Hauptebene gegen die Sichtlinie ($i = 77^\circ$) erscheint dieses Sternsystem perspektivisch stark verkürzt. Eine genauere Untersuchung der Spiralarme in ihm führte zu der Erkenntnis, daß sie kleinere wellenförmige Abweichungen von der Hauptebene aufweisen. Wahrscheinlich gehen diese Deformationen auf Gezeitenwirkungen von den nahen Begleitern des Andromedanebels zurück.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß im Milchstraßensystem der Wasserstoff eine hutkrempeartige Verformung aufweist, von der angenommen wird, daß sie durch die Gezeitenwirkung der beiden Magellanschen Wolken hervorgerufen wird.

Während die äußeren Partien des Andromedanebels schon 1926 von Hubble in Einzelsterne aufgelöst wurden, gelang es Baade erst 1944 unter nahezu idealen Beobachtungsbedingungen auch die Sterne des dichtbevölkerten Zentralgebietes aufzunehmen. Die sich daran anschließenden Untersuchungen der Sterne des Zentralgebietes und in den Spiralarmen erlangten eine grundlegende Bedeutung für die Ausarbeitung des Populationsbegriffes durch Baade. Wenn auch in der Folgezeit die ursprüngliche Einteilung der Sterne in eine alte und eine junge „Bevölkerung“ durch ein verfeinertes System ersetzt wurde, so blieb doch der Grundgedanke der Klassifikation erhalten.

Auf kurzbelichteten photographischen Aufnahmen ist in dem Zentralgebiet ein heller sternartiger Kern zu erkennen. Infolge der perspektivischen Verkürzung durch die Neigung des Andromedanebels hat der Kern eine lineare Ausdehnung von 5×8 pc. Das Analogon zu diesem Kern konnte — wie bereits erwähnt — in unserem Milchstraßensystem durch Infrarotbeobachtungen nachgewiesen werden.

Aus der Vielzahl der aus den Beobachtungen abgeleiteten physikalischen Eigenschaften der wahrnehmbaren Objekte im Andromedanebel erscheint vor allem die Erkenntnis erwähnenswert, daß M 31 drei verschiedene Sternpopulationen enthält: Die metallarme Halopopulation, eine metallreiche Scheibenspopulation und eine supermetallreiche Kernpopulation. Der aus den Beobachtungen abgeleitete bemerkenswert hohe Metallgehalt in der Kernpopulation ließe sich möglicherweise durch explosionsartige Vorgänge im Kern dieser Galaxis erklären. Inwieweit der Heliumgehalt in den Sternen der drei Populationen differiert, konnte noch nicht entschieden werden.

Die erste Untersuchung über Veränderliche Sterne führte Hubble 1929 aus. Dabei entdeckte er Novae, Delta-Cephei-Sterne und helle irreguläre Veränderliche. Später wurden noch andere Veränderlichkeitstypen wie z. B. Mirasterne, W-Virginis-Sterne in diesem Sternsystem nachgewiesen. Inzwischen gelang die Feststellung, daß die klassischen Cepheiden, aber auch die W-Virginis-Sterne der gleichen Perioden-Helligkeits-Beziehung gehorchen, die für die entsprechenden Veränderlichen im Milchstraßensystem gefunden wurde. Auch die Novae in M 31 scheinen die gleichen Eigenschaften wie die in unserem Sternsystem beobachteten zu haben, denn für sie wurde die gleiche Beziehung zwischen der Maximalhelligkeit und der zeitlichen Helligkeitsabnahme ermittelt.

Der Verlauf der Spiralarme in M 31 wird durch langgestreckte Staubansammlungen, Gebiete ionisierten Wasserstoffs, zahlreiche OB-Assoziationen und Überriesen vom Spektraltyp M markiert. Besonders gut sind die „Staubarme“ infolge ihrer Extinktionswirkung vor den hellen Gebieten in der Nähe des Kernes zu erkennen. Die Staubwolken befinden sich vorwiegend an den „Innenkanten“ der durch die absolut hellsten Sterne definierten Spiralarme. In den weiter außen liegenden Gebieten von M 31 sind keine Staubansammlungen wahrzunehmen. Es kann aber angenommen werden, daß das Fehlen der staubförmigen Materie nur dadurch vorgetauscht wird, daß sie nicht gegen einen hellen Hintergrund beobachtet werden kann. Nach einer Untersuchung von Baade sind im Andromedanebel insgesamt 7 Spiralarme erkennbar.

Die ersten radioastronomischen Untersuchungen von M 31 im „Lichte“ der 21-cm-Linie des Wasserstoffs gelangen 1957 van de Hulst und seinen Mitarbeitern. Mit dem in der Folgezeit ständig steigenden Auflösungsvermögen der Radioteleskope konnte über die Verteilung des neutralen Wasserstoffs folgendes in Erfahrung

gebracht werden: Der größte Teil des Wasserstoffs konzentriert sich in einem breiten Ring, dessen mittlerer Durchmesser etwa 10 kpc beträgt. Aber auch außerhalb dieser Zone und des optisch wahrnehmbaren Sternsystems ist Wasserstoff vorhanden. Insgesamt beträgt sein Anteil an der Gesamtmasse näherungsweise 1 %.

Die Begleiter des Andromedanebels

Von den insgesamt vier Begleitern von M 31 befinden sich zwei von ihnen (NGC 205 und NGC 221) relativ nahe beim Andromedanebel, während die beiden anderen (NGC 147 und NGC 185) weiter von ihm entfernt sind. Der geringe scheinbare Abstand zwischen NGC 147 und NGC 185 legt die Vermutung nahe, daß sie ein Doppelsystem bilden. Beide Zwerggalaxien sind von einer Anzahl Kugelsternhaufen umgeben. Erstmals gelang es Baade 1944, die Begleitergalaxien in Einzelsterne aufzulösen. Während NGC 147 einen schwach ausgebildeten Kern hat, besitzt NGC 185 überhaupt keinen. Dafür enthält die zuletzt genannte Galaxis einige sehr blaue Sterne und eine auffällige Staubansammlung. Wie mehrfarbenphotometrische Untersuchungen ergaben, dürfte die Sternbevölkerung in NGC 185 den Sternen in Kugelsternhaufen mit einem mittleren Metallgehalt ähneln. Auch in der Begleitergalaxie NGC 205 wurden eine Anzahl blauer Sterne und einige interstellare Staubwolken entdeckt. Ob es sich bei den in NGC 185 und NGC 205 gefundenen blauen Sternen um gerade erst entstandene Sterne oder um relativ alte Objekte — wie sie in Kugelsternhaufen vorkommen — handelt, ist noch nicht geklärt. Ihr Auftreten in kleinen „Klumpen“ ließe sich jedoch besser verstehen, wenn es sehr junge Sterne wären.

Die elliptische Zwerggalaxie NGC 221 ist auf die äußeren Gebiete des Andromedanebels projiziert. Ihr relativ kleiner scheinbarer Durchmesser könnte sich durch die Gezeitenkräfte des benachbarten Andromedanebels herausgebildet haben. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß die gleichen Kräfte die möglicherweise früher zu dieser Zwerggalaxie gehörenden Kugelsternhaufen „entführt“ haben. Die Sternbevölkerung in NGC 221 gleicht etwa der von relativ metallreichen Kugelsternhaufen. Der quasi-sternförmige Kern des Sternsystems hat etwa eine doppelt so große Leuchtkraft wie der Kern von M 31. Die Massen der Kerne der beiden zuletzt genannten Sternsysteme dürften ungefähr gleich groß sein. Die Sterndichte in den Kernen ist schon so hoch, daß sich Zusammenstöße zwischen den Sternen im Durchschnitt innerhalb weniger Jahrtausende ereignen. Zum Vergleich dazu sei daran erinnert, daß die Sterndichte in der Sonnenumgebung so gering ist, daß dort Zusammenstöße oder nahe Vorübergänge im Zeitraum von einigen 10^9 Jahren so gut wie ausgeschlossen sind.

Der Dreiecksnebel (M 33)

Das bekannte Sternsystem wurde bereits von Hubble 1926 im Verlauf seiner klassischen Untersuchungen in Einzelsterne aufgelöst. Dabei fand er helle blaue Veränderliche, Novae und Delta-Cephei-Sterne. Für die zuletzt erwähnten Veränderungen konnte eine Perioden-Leuchtkraft-Beziehung aufgestellt werden. Unter der Annahme, daß die Cepheiden in M 33 um 0,1 mag heller sind als ihre „Artgenossen“ im Andromedanebel mit der gleichen Periode, leitete Hubble eine Entfernung von 690 kpc für das Sternsystem ab. Erwähnenswert ist die Tatsache, daß es bisher der einzige Versuch einer Entfernungsbestimmung von M 33 ist, der vor mehr als 40 Jahren unternommen wurde, da es bis jetzt kein besseres Beobachtungsmaterial gibt, mit dem das alte Ergebnis überprüft werden könnte.

Der Dreiecksnebel hat eine sehr günstige Orientierung, so daß Beobachtungen an dem weit geöffneten Spiralsystem nicht behindert werden. Eine detaillierte Untersuchung der Sternpopulationen in M 33 führte Walker aus. Danach enthält diese Galaxis Sterne der alten Population II, die sich, abgesehen von einer Konzentration

zum Kern, gleichmäßig über das ganze Sternsystem verteilen. Die jungen Sterne, hellen Emissionsnebel und Staubwolken weisen dagegen eine starke Häufung zu den Spiralarmen auf. In den dort entdeckten Assoziationen von jungen Sternen sind auch rote Überriesen enthalten.

Eine interessante Abhängigkeit weist das Verhältnis der Zahl der hellen blauen Sterne zur Zahl der roten Überriesen auf, das mit wachsender Entfernung vom Kern kleiner wird. Während in der Nähe des Kernes auf 15 blaue Sterne nur ein roter Überriese entfällt, kommen in den Außengebieten 5 blaue Sterne auf einen roten Stern. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die beobachtete Variation des „Mischungsverhältnisses“ von blauen zu roten Sternen von unterschiedlichen Leuchtkräften der roten Sterne in verschiedenen Abständen vom Zentralgebiet dieser Galaxis herrührt.

In M 33 befindet sich ein Kern, dessen scheinbarer Durchmesser 1'5 beträgt. Während die Spektralklasse des Kernes mit A7 angegeben wird, haben die umliegenden Gebiete nur einen Spektraltyp von etwa F9 bis G0. Der relativ frühe Spektraltyp des Kernes wird durch das Vorhandensein von hellen blauen Sternen und Wolken ionisierten Wasserstoffs verursacht. Im übrigen weist die Existenz solcher jungen Objekte im Kern darauf hin, daß dort noch der Prozeß der Sternentstehung andauert.

Im Dreiecksnebel wurde auch eine große Zahl lichtschwacher Sternhaufen entdeckt. Wie aus photometrischen Untersuchungen im UBV-System hervorgeht, weisen die Farbenindizes dieser Objekte sie als offene Sternhaufen aus.

Die durchgeführten Radiobeobachtungen des neutralen Wasserstoffs lassen eine ringförmige Konzentration im Abstand von etwa 8 kpc vom Kern dieser Galaxis erkennen, die in eine „Scheibe“ von weniger dichtem Wasserstoff eingebettet ist.

Die sphärischen Zwergsysteme

Hubble glückte 1938 die Entdeckung einer völlig neuen Form von Sternsystemen, der sphärischen Zwerggalaxien. Insgesamt wurden bis jetzt 6 derartige Systeme entdeckt. Sie lassen sich am besten mit einem „Super“-Kugelsternhaufen sehr geringer Flächenhelligkeit vergleichen. Ihre Größe ähnelt aber mehr den Sternsystemen als den Kugelsternhaufen. Über ihre Natur als Zwerggalaxien besteht jedoch kein Zweifel, seitdem z. B. im Fornax-System fünf offensichtlich „normale“ Kugelsternhaufen identifiziert werden konnten. Die absoluten Helligkeiten dieser Galaxien überdecken den Bereich von $-13,0 \leq M_v \leq -8,6$ mag, d. h., die hellsten von ihnen schließen sich an die leuchtkraftschwächsten elliptischen Zwerggalaxien an. Die untere Grenze des angegebenen Leuchtkraftintervalls wird wahrscheinlich durch Auswahl effekte bei den Beobachtungen verursacht.

Die sphärischen Zwerggalaxien besitzen weder einen quasistellaren Kern noch nachweisbare Mengen von interstellarem Gas oder Staub. Die in ihnen vorkommende Sternbevölkerung hat, wie die Farben-Helligkeits-Diagramme zeigen, eine große Ähnlichkeit mit den Sternen in Kugelhaufen. Auch Veränderliche wurden in den Zwerggalaxien gefunden, allein etwa 700 RR-Lyrae-Sterne im Ursa Minor-System. Auch W-Virginis-Sterne wurden in den sphärischen Zwergsystemen entdeckt. Sie gehorchen jedoch einer anderen Perioden-Leuchtkraft-Beziehung als ihre in galaktischen Kugelhaufen befindlichen „Verwandten“.

Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, sind die drei nächsten sphärischen Zwergsysteme weniger als 100 kpc von unserem Sternsystem entfernt. Der Raum um unsere Galaxis, in der sich diese drei Zwerggalaxien befinden, ist 64mal kleiner als der Gesamttraum, den die lokale Gruppe einnimmt. Falls die räumliche Dichte der sphärischen Zwergsysteme konstant sein sollte, wäre mit einer Gesamtzahl von

192 derartigen Objekten in der lokalen Gruppe zu rechnen. Diese Abschätzung stellt für den in Betracht gezogenen Fall konstanter räumlicher Dichte unter Umständen eine untere Grenze dar, da nicht ausgeschlossen ist, daß hinter den Sternwolken und Absorptionsgebieten der Milchstraße weitere derartige Objekte verborgen sind.

Wegen der geringen Sterndichte sind die sphärischen Zwerggalaxien selbst auf den Platten der Palomar Sky Survey gerade noch erkennbar. Für ein derartiges Sternsystem, dessen hellste Sterne eine absolute visuelle Helligkeit von $M_v = -2,5$ mag besitzen, besteht auf den Blättern des Palomar-Sky-Atlas mit einer Grenzgröße von $V = 20,0$ mag nur dann eine Möglichkeit es zu entdecken, wenn seine Entfernung kleiner als 300 kpc ist. Zum Beispiel würde das Fornax-System bereits in der Entfernung des Andromedanebels zu einem kompakten Objekt, das von fünf Kugelsternhaufen gebildet sein könnte, zusammengeschumpft sein.

Die Gesamtmasse der sphärischen Zwerggalaxien und intergalaktischen Kugelsternhaufen ist gegenüber der Masse des Milchstraßensystems oder des Andromedanebels vernachlässigbar klein. Selbst etwa 300 Zwerggalaxien und Kugelsternhaufen würden zusammen erst ungefähr $1 \cdot 10^8$ Sonnenmassen, d. h. nur 0,1 % der Masse des Milchstraßensystems ergeben. Sie tragen daher fast nichts zur Gesamtmasse der lokalen Gruppe bei.

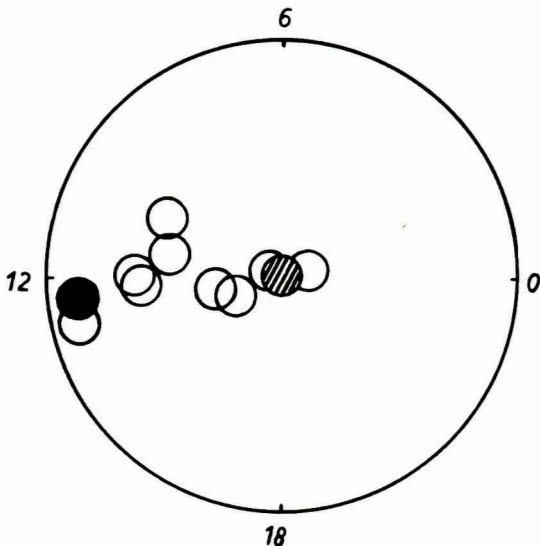
Die Metagalaxis

Bis jetzt waren nur die einzelnen Mitglieder der lokalen Gruppe Gegenstand der Betrachtungen. Nun soll noch kurz auf die räumliche Lage der lokalen Gruppe in bezug auf andere Galaxienhaufen eingegangen werden. Ihre Existenz ist schon lange Zeit bekannt wie auch die Tatsache, daß sie zum Teil wesentlich mehr Mitglieder haben. Es dürfte von Interesse sein, daß bereits mit dem von W. Herschel in den Jahren von 1786 bis 1802 veröffentlichten Katalogen von hellen Nebelflecken der Nachweis der uns nächststehenden Galaxienhaufen und Galaxienwolken grundsätzlich möglich ist. Herschel ist aber offensichtlich das spiralförmige Aussehen einer Anzahl der von ihm beobachteten Gasnebel — von denen wir heute wissen, daß es Sternsysteme sind — entgangen, denn in seiner detaillierten Nebelklassifikation findet sich kein entsprechendes Merkmal. Die von Herschel anfänglich verwendete Bezeichnung „Weltinseln“ für die Nebel beruhte auf einer reinen Spekulation, derzufolge sich die Nebel in Einzelsterne auflösen lassen sollten. Diese Meinung hat Herschel jedoch 1791 aufgegeben, da er nun überzeugt war, daß alle Nebel gasförmig seien. Als eigentlicher Entdecker der Spiralstruktur von Nebeln ist der Earl of Rosse anzusehen, dem es 1845 gelang, die Spiralstruktur der Galaxis M 51 mit seinem 6-Fuß-Teleskop nachzuweisen.

Der größte Nebelhaufen fiel schon A. von Humboldt auf. Im „Cosmos“ (1866) wird von ihm bemerkt, daß das Nebelgebiet im Sternbild Jungfrau etwa $\frac{1}{8}$ der Fläche der Himmelssphäre einnimmt, in der sich ungefähr $\frac{1}{3}$ aller nebelartigen Körper befinden. Die Gesamtmasse dieses, wie wir heute wissen, riesigen Galaxienhaufens wird auf etwa $1,0 \cdot 10^{15}$ Sonnenmassen geschätzt. Dieser hohe Betrag wird unter anderem durch die zu diesem gehörenden elliptischen Riesengalaxien verursacht, von denen bereits eine einzige eine Masse von rund 10^{12} Sonnenmassen hat.

Trägt man die uns nächststehenden Galaxienhaufen entsprechend ihrer Entfernung und Rektaszension in ein Diagramm ein, so erhält man das in der Abb. 1 (S. 10) gezeigte Bild. Die lokale Gruppe erscheint dort als ein außenliegendes Mitglied eines Galaxien-Superhaufens, dessen Zentrum offensichtlich (aus der Abbildung ist das nicht zu entnehmen!) durch den Virgohaufen repräsentiert wird. Der Beweis für die Existenz eines Superhaufens wurde von Zwicky schon 1938 erbracht.

Abb. 1: Positionen der näheren Galaxienhaufen in ihrer Projektion auf die Äquatorebene. Der schraffierte Kreis symbolisiert die lokale Gruppe, der ausgefüllte Kreis den Virgohaufen. Der große Kreis hat einen Radius von 12 Mpc, wenn man für die Hubble-Konstante einen Wert von $100 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ annimmt.



Schluß

Bei der Bearbeitung der verschiedensten Gebiete der Galaxienforschung kommt den neuerrichteten Observatorien auf der Südhalbkugel der Erde eine besondere Bedeutung zu. Es ist zu erwarten, daß die dort im Aufbau befindlichen, aber auch schon in Dienst gestellten Großinstrumente in Verbindung mit den modernen Auswertegeräten innerhalb einiger Jahre den Rückstand in der Erforschung der am Südhimmel stehenden Galaxien aufholen, der durch die historisch bedingte Häufung von Sternwarten auf der nördlichen Hemisphäre der Erde entstanden ist und über dessen weitreichende Nachteile man sich schon lange im klaren ist.

Literatur:

S. van den Bergh, The Galaxies of the Local Group, Communications from the David Dunlop Observatory No. 193 (1968). — Landolt-Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik, Neue Serie, Bd. Astronomie und Astrophysik. Herausgegeben von H. H. Voigt. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1965). — G. de Vaucouleur, Handbuch der Physik. Herausgegeben von F. Flügge, Bd. 53: Astrophysik IV: Sternsysteme. Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg (1959) — H. D. Curtis, Handbuch der Astrophysik, Bd 5/2, Das Sternsystem. Springer-Verlag Berlin (1933).

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung des Kometen Abé (1970 g)

Am 3. Juli 1970 wurde von dem Tokioter Astronomen Abé ein neuer Komet im Sternbild Widder entdeckt. Er erhielt die Bezeichnung „Komet Abé (1970 g)“. Man beschrieb ihn als diffuses Objekt von etwa 9. Größe. Bis Mitte September zeigte er eine stetige Helligkeitszunahme, die am 15. des Monats ihren Höhepunkt mit 5^m7 erreichte. Ende Oktober war er nur noch 7. Größenklasse hell. Im August, aber besonders in den darauffolgenden Monaten, ließ sich der Komet sehr gut beobachten. Seine Bewegung führte ihn hauptsächlich durch die Sternbilder Cepheus, Drache und Hercules. Mir war es möglich, den Kometen achtmal zu beobachten. Infolge seiner relativ großen Helligkeit konnte er leicht im Fernrohr oder Feldstecher aufgefunden werden. Ich führte meine Beobachtungen an einem 165-mm-Spiegel mit einer 58fachen Vergrößerung durch. Die visuellen Größenbestimmungen der äußeren Teile der Koma und des Schweifes waren infolge der geringen Flächenhelligkeit nur schwer möglich. Alle angegebenen Werte gelten für Ende September. Den Durchmesser legte ich maximal zu 4'2 fest. Für das Zentrum, den Kern, bestimmte ich als Größe etwa 13''. Die Länge des Schweifes konnte ich zu maximal 17'5 ermitteln. Eine Helligkeitszunahme von außen nach innen in der Koma war augenfällig, so daß der Kern als heller sternähnlicher Punkt gesehen werden konnte.

Sollten andere Amateure den Kometen ebenfalls beobachtet haben, wäre ich für Mitteilung der Ergebnisse dankbar.

DIETMAR BÖHME
4851 NESSA Nr. 11

Der Komet Abé (1970 g) erreichte eine Helligkeit, die es jedem Amateur gestattete, ihn auch mit kleinen Instrumenten über längere Zeiten zu beobachten.

Die von D. Böhme an dem Kometen vorgenommenen Messungen und Beobachtungen passen sich sehr gut in die vielfach von Fachastronomen veröffentlichten Ergebnisse ein. So wird im IAU Circular Nr. 2264 am 12. Juli 1970 von Simmons mitgeteilt, daß die Koma einen Durchmesser von 3,5 Bogenminuten hat und eine helle zentrale Kondensation von 13 Bogensekunden vorhanden ist. Einen Schweif beobachtete Simmons noch nicht.

In einem späteren Circular (Nr. 2275) wird am 22. Juli 1970 von Müller bereits die Beobachtung eines filamentartigen Schweifes gemeldet.

Die von mehreren Beobachtern mitgeteilten Helligkeitsbestimmungen zeigen folgenden Verlauf:

1970 August	2.	8,0	Größenklassen
	22.	6,5	
September	1.	6,0	
	11.	5,7	
	15.	5,7	
	21.	5,8	
Oktober	1.	6,0	

Also auch die von Böhme angegebene Maximumhelligkeit und der entsprechende Zeitpunkt stimmen sehr gut mit der gemeldeten Helligkeitsentwicklung überein.

Aus 46 Beobachtungen im Zeitraum vom 5. Juli 1970 bis 14. August 1970 wurden für den Kometen Abé (1970 g) folgende Bahnelemente berechnet:

Periheldurchgangszeit:	1970 Oktober 20,698 ET
Abstand des Perihels vom aufsteigenden Knoten:	96°589 (Äquinoktium 1950)
Länge des aufsteigenden Knotens:	21°002 (Äquinoktium 1950)
Bahnneigung:	126°721 (Äquinoktium 1950)
Große Bahnhalbchse:	1,11 238 AE

Dr. Sm.

Aus der Literatur

Einfluß der Kosmosforschung auf die Weltanschauung

Die Erforschung des Kosmos hat einen wesentlichen Einfluß auf die Weltanschauung, auf die philosophischen Auffassungen der Gesellschaft; denn sie liefert immer neue Angaben für die Lösung und Fundierung einer Reihe weltanschaulicher und methodologischer Probleme. Schon Engels hat darauf hingewiesen, daß der Materialismus mit jeder epochemachenden Entdeckung auch auf naturgeschichtlichem Gebiet unweigerlich seine Form ändern muß.

Für die moderne Wissenschaft ist es bezeichnend, daß sie einerseits tief in die Materie, in den Bereich kleinster Raum- und Zeiteinheiten eindringt und andererseits kosmische Objekte und riesige Räume studiert.

Die Wissenschaft entdeckt vieles, was vom Standpunkt der üblichen makroskopischen Vorstellungen nach einem Ausdruck Lenins „absonderlich“ und „seltsam“ ist. In diesem Zusammenhang ergibt sich ein unserer Meinung nach sehr wichtiges und grundlegendes philosophisches Problem: die Konkretisierung und der Ausbau des Systems philosophischer Kategorien auf der Grundlage der Verallgemeinerung von Erkenntnissen der Wissenschaft über das extrem Kleine und das extrem Große mit Hilfe der Prinzipien der materialistischen Dialektik.

Die Struktur der Welt ähnelt nicht aneinandergereihten „Meßwerten“ gleicher Form, die nur in ihrer Größe unterschiedlich sind. Der Übergang von einer Strukturebene der Materie auf eine andere zieht nicht nur eine Veränderung der quantitativen Charakteristika nach sich, sondern führt auch zu bestimmten qualitativen Erscheinungen, für die neue Begriffe gefunden werden müssen.

Sowjetische Philosophen und Naturwissenschaftler haben mit ihren Arbeiten über die philosophische Deutung der modernen Physik der Mikrowelt ihren Beitrag zur Diskussion über objektive Realität, Raum, Zeit, Bewegung, über Kausalität usw. geleistet. Auch über philosophische Probleme der Erschließung des Kosmos werden Untersuchungen angestellt, aber das sind nur erste Schritte, hier bleibt noch viel zu tun.

Wesentliche Bedeutung erlangt jetzt die Frage, inwieweit man die Begriffe und Vorstellungen der makroskopischen Wissenschaft auf Objekte kosmischen Ausmaßes anwenden kann. Es sind auch die Prinzipien zu untersuchen, nach denen eine Extrapolation der gewöhnlichen makroskopischen Gesetze und Kategorien auf extrem kleine und extrem große Raum-Zeit-Gebiete erfolgen kann. Zu diskutieren sind weitere Probleme: das Verhältnis Subjekt-Objekt bei der Kosmosforschung, die Besonderheiten der Erkenntnis extrem großer Objekte, die Raum-Zeit-Beziehungen bei extrem großen Maßstäben, das Verhältnis zwischen Kausalität, Notwendigkeit und Zufälligkeit, zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit in kosmischen Systemen.

Von unbestritten wissenschaftlichem Interesse ist auch die Begründung des Prinzips der materiellen Einheit der Welt auf der Grundlage der Kosmosforschung. Hinzu kommt die Klärung der Möglichkeit einer Aufteilung der einheitlichen kosmischen Materie in Materie und Antimaterie sowie die Untersuchung der „Raum-Zeit-Metrik“ in kosmischen Maßstäben zum Unterschied von der euklidischen Metrik.

Geschaffen werden heute die Voraussetzungen für die Lösung der Frage, ob außerirdische Lebensformen und Zivilisationen existieren, sowie für die Klärung, ob eine unendliche Existenz und Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, und wenn ja, unter welchen Bedingungen möglich ist. Es wird die Aufgabe gestellt, die allgemeinen Gesetze der Wechselwirkung der menschlichen Gesellschaft mit der belebten und unbelebten Natur des Kosmos sowie mit mutmaßlichen kosmischen Zivilisationen zu klären. Zu den erstrangigen Problemen gehört es ferner, daß die Bedingungen und die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Leben und Lebensgemeinschaften im Weltall ermittelt werden.

Durch die allgemeine Beeinflussung der Wissenschaft bei der Erschließung des Kosmos, wie sie heute zu beobachten ist, wird sich künftig eine theoretische Umdeutung und Umwertung traditioneller Vorstellungen vollziehen. Das gilt heute schon für das Verhältnis zwischen den theoretischen, den angewandten und den Rechenmethoden und der Entwicklung der ent-

(Fortsetzung auf der 3. Umschlagseite)

Ameisensäure im Weltraum?

Nachdem in letzter Zeit Strahlung verschiedener Molekülverbindungen, besonders der Elemente Sauerstoff, Kohlenstoff und natürlich Wasserstoff, aus dem interstellaren Raum nachgewiesen wurde, wurde im IAU Circular vom 30. Oktober 1970 mitgeteilt, daß Zuckermann (Universität Maryland), Ball und Gottlieb (Harvard College Observatory) und Radford (Smithsonian Observatory) mit dem 43-m-Teleskop des National Radio Astronomy Observatory bei 18 cm Wellenlänge in Emission die Verbindung HCOOH (Ameisensäure) beobachtet haben. Es gelang der Nachweis dieser Strahlung aus den Richtungen der Quellen Sagittarius B 2 und Sagittarius A. Die Identifikation kann noch nicht als 100prozentig gesichert angesehen werden und muß durch weitere Beobachtungen erhärtet werden, da die Wellenlänge von HCOOH etwa zusammenfällt mit der bereits bekannten Emission des OH.

Nach IAU Circular vom 30. 10. 1970.

Sm.

Ursache des Apollo-13-Unglücks geklärt

Ein Untersuchungsausschuß, dem auch N. Armstrong angehörte, legte am 15. Juni 1970 seinen endgültigen Bericht über die Ursachen des Apollo-13-Unglücks vor. Von Anfang an war klar, daß die Ursachen der aufgetretenen Schwierigkeiten vom Sauerstofftank Nr. 2 der Triebwerkseinheit (Service Modul) ausgingen. Es waren Kabel durch Überhitzung beschädigt worden, wodurch sich die Isolation entzündete und eine Verbrennung im Sauerstofftank eingeleitet wurde. Die Konsequenz aus diesem Ereignis sind zahlreiche konstruktive Änderungen, wie Reduzierung von Teflon, Aluminium und anderen entzündlichen Materialien, Montage eines dritten zusätzlichen Sauerstofftanks, metallische Isolation für alle elektrischen Leitungen usw.

Sterne und Weltraum 9, 9, 235, 1970.

J. Classen

Marsmond Phobos wurde fotografiert

Auf einem von mehr als hundert Fernsehbildern, die Mariner 7 1969 zur Erde sandte, ist Phobos zu erkennen. Er hat eine elliptische Gestalt mit 22,5 km Durchmesser am Äquator und 18 km von Pol zu Pol. Seine elliptische Gestalt legt die Vermutung nahe, daß Phobos aus dem Asteroidengürtel eingefangen wurde. Siehe auch „Astronomie und Raumfahrt“, Heft 5/70, S 147.

Sterne und Weltraum 9, 9, 234, 1970.

J. Classen

Holländisches Radioteleskop in Westerbork in Betrieb genommen

Am 24. 6. 1970 konnte die 1949 gegründete holländische Stiftung „Stichting Radiostraling Zone en Melkweg“ in Westerbork eines der größten Radioteleskope der Erde in Betrieb nehmen. Es handelt sich dabei um eine Interferometer-Anlage, die aus 12 Parabolantennen von je 25 m Spiegeldurchmesser besteht. Zehn der Antennen sind fest in einem gegenseitigen Abstand von je 144 m aufgebaut, zwei sind auf einer 300 m langen Schiene fahrbar installiert. Die in Ost-West-Richtung verlaufende Basislinie beträgt damit ca. 1600 m. Dadurch, daß jede der beiden beweglichen Antennen mit jeder der zehn festmontierten ein Interferometer bilden kann, stehen im Prinzip 20 Interferometeranordnungen zur Verfügung.

Das Gerät ist zunächst für den 21-cm-Wellenbereich konzipiert, jedoch ohne Schwierigkeiten erweiterungsfähig. Vorbereitungen für den 6-cm-Wellenbereich werden bereits getroffen.

Die parabolischen Reflektorschalen setzen sich aus je rund 100 Segmenten zusammen. Jedes Segment besteht aus einem verzinkten Stahlrohrgestell, auf dem ein Gewebe aus rostfreiem Stahl aufgebracht ist. Die Stahlgaze hat eine Maschenweite von 8 mm bei 0,8 mm Drahtdicke. Für die Befestigung des Drahtgeflechtes auf dem Gestell wurden anstatt bisher üblicher Klemm- und Schraubverbindungen Metallkleber eingesetzt, wodurch eine gleichmäßigere Spannungsverteilung im Gewebe und damit eine hohe Genauigkeit der Reflektorschale gewährleistet wird.

Nach: Ciba-Aspekte, 2.1970.

H. D. Naumann

Laser simuliert Mondprozesse

Von Wissenschaftlern der Sandia-Laboratorien wurde ein Verfahren zur Herstellung von Oxidkugeln entwickelt, wie sie für die Grundlagenforschung und die Produktion radioaktiver Brennstoffe benötigt werden. Dabei wird ein Stab des gewünschten Oxids, der mit 2000 ... 3000 UpM rotiert, mit einem Laser bestrahlt und aufgeheizt. Verwendet wird ein CO₂-Laser mit 250 W Leistung und 1 cm Strahldurchmesser, der auf 1 mm fokussiert wird. Der Laser schmilzt das Oxid, das von dem Stab tropfenförmig abgesponnen wird. In einigen Tausendstel Sekunden kondensieren die Teilchen zu Schmelzkügelchen, werden unter die Schmelztemperatur unterkühlt und erstarren. Durch verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten kann die Größe der Kügelchen variiert werden. Ihre Eigenschaften

sind dadurch beeinflussbar, daß die Herstellung in abgeschlossenen, mit Gas gefüllten Kammern erfolgt.

Dem Verfahren wird große Bedeutung für die Geologie und Selenologie beigemessen, und zwar zur labormäßigen Simulation der Entstehungsprozesse kleiner, in Meteoriten vorkommender Gesteinskügelchen sowie der im Mondgestein entdeckten, offenbar von Meteoriteneinschlägen stammenden Kügelchen. Die sich beim Auftreffen des Laserblitzes auf den Oxidstab abspielenden Vorgänge sind jenen vergleichbar, die beim Aufprall von Mikrometeoriten auf den Mond stattfinden.

Es wurden Versuche unternommen, Basalt aus vulkanischen Ablagerungen auf Hawaii auf diese Weise abzulösen, um die auf dem Mond wirkenden Kräfte zu simulieren. Die dabei gefundenen glasartigen Kugeln scheinen Theorien zu bestätigen, wonach Meteoriten, die auf den Mond auftreffen, drei Effekte auslösen:

- das Verdampfen von Mondmaterie,
- das Aufspritzen eines Teiles der Materie, der in Tropfenform auf den Mond zurückfällt,
- das Schmelzen und glasartige Kondensieren einiger Elemente.

Mikroskopische Untersuchungen dünner Schichten so hergestellter Kugeln haben Kristallmuster und -strukturen erkennen lassen, die ähnlich der von Meteoritenkugeln sind.

Nach: Laser. 2 (1970), H. 3, S. 76.

H. D. Naumann

Neue Funkanlage für APOLLO-Flüge der J-Serie

Gegenüber der mit APOLLO 14 abgeschlossenen H-Serie weisen die Flüge der J-Serie des Apollo-Programms, die APOLLO 15, 16 und 17 umfassen, wesentlich erweiterte Zielstellungen auf:

- Längere Flugdauer und längerer Aufenthalt auf dem Mond,
- Ausgedehntere Möglichkeiten der praktischen Tätigkeit außerhalb des Raumschiffes auf dem Mond
- Höhere Nutzlast.

Die Gesamtflugdauer wurde von 11 auf 16 Tage erhöht, die maximale Aufenthaltsdauer auf dem Mond auf 66 Stunden. Bei jedem der drei J-Flüge sind jeweils drei Ausstiege geplant, wobei der erste am Tag der Landung (ca. 6 Stunden Dauer) zum Auspacken der Geräte sowie zur Mondnaherkundung dient, die zwei folgenden zu weitreichenderen Erkundungsfahrten von ca. 7 Stunden Dauer. Für diese Mondexpeditionen wird ein zweiseitiges, batteriebetriebenes Mondfahrzeug mitgeführt, mit dem sich die Astronauten mehrere Kilometer weit von der Landefähre entfernen und auch tiefere Mondkrater besuchen sollen.

Neue Probleme ergeben sich aus diesem erweiterten Umfang u. a. für die nachrichtentechnischen Belange. Bisher hielten sich die Astronauten in Sichtweite zur Landefähre auf. Der Funkkontakt mit der Erde wurde über die leistungsstarke Anlage des LEM aufrechterhalten. Da diese Sichtverbindung zur Landefähre bei den künftigen Missionen nicht mehr gewährleistet sein wird, wird ein direkter Funkkontakt zwischen den Astronauten und dem Bodenzentrum Houston hergestellt, der der direkten Übertragung von dreierlei Informationen dient.

Farbfernsehsignalen – Sprechfunksignalen – Telemetriedaten.

ohne den Umweg über LEM zu gehen.

Von der Firma RCA wurde hierfür eine transportable Nachrichtenanlage entwickelt, die die Bezeichnung LCRU trägt (1). Sie hat eine Erdmasse von 23 kg und die Abmessungen von $130 \times 330 \times 530$ mm. Die Sendeleistung beträgt 10 W bei einem Gesamtenergiebedarf von 100 W. Die Anlage wird nach der Landung auf dem Fahrzeug befestigt und in das Aufenthaltsgebiet der Astronauten mit diesem mitgeführt. Zwischen den Astronauten und dem LCRU wird eine Dauerverbindung aufrechterhalten, über die die telemetrischen Daten und Sprachsignale zu der Station übermittelt werden. Diesem Zweck dienen Kleinsender, die die Astronauten auf dem Rücken tragen.

Das LCRU sendet auf 2272,5 Mhz zur Erde. Sämtliche Signale werden simultan übermittelt. Auf der Erde erfolgt die Signalaufnahme mit 23- bzw. 63-m-Spiegeln. Die Sendungen Erde – Mond erfolgen auf 2101,8 Mhz. Das Gerät verfügt über zwei Antennen:

- eine 95-cm-Parabolantenne mit 23 dB Gewinn, die speziell für Farbfernsehübertragungen vorgesehen und regenschirmartig ausklappbar ist,
- eine 10×15 cm große Antenne mit 6 dB Gewinn für die schmalbündigeren Sprach- und Telemetrieübertragungen.

Die Entwicklungskosten dieser Anlage werden in [1] mit ca. 2,4 Millionen Dollar benannt.

[1] Neue Nachrichtenanlagen für die Mondlandung. Funkschau, 42 (1970) 21, S. 740.

H. D. Naumann



Sowjetische Kosmonauten mit der DDR-Delegation beim XXI. IAF-Kongreß in Konstanz. Von links: Dr. Vitali Sewastjanow, Dr. Eberhard Hollax (Vizepräsident der DAG), Dr. Boris Jegorow, ein Dolmetscher, Karl-Heinz Neumann, Generalmajor Andrijan Nikolajew und Horst Hoffmann.

XXI. IAF-Kongreß

Rechts: Dr. Sewastianow während seines Vortrags über die Ergebnisse des Fluges von Sojus 9. Prof. Kondratjew von der Leningrader Universität stellt sich hier als Dolmetscher zur Verfügung.

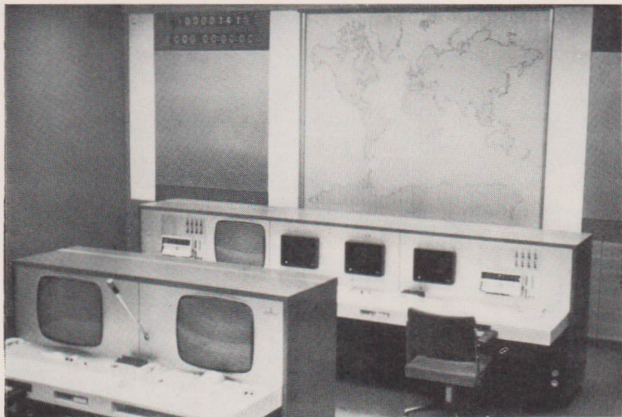


Mitte: Von links Andrian Nikolajew, James McDivitt und Dr. Boris Jedorow im Wandelgang des Inselhotels in Konstanz bei angeregter Unterhaltung.



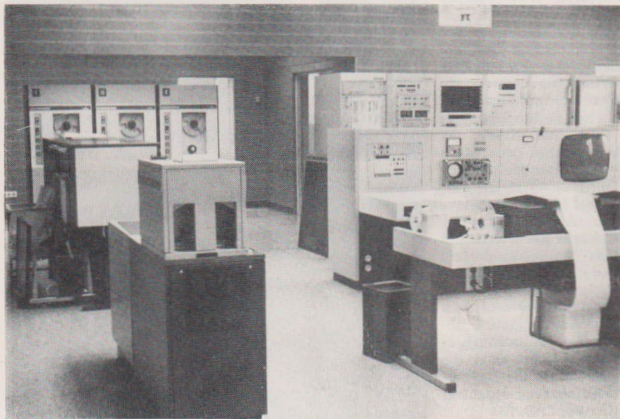
Unten: Dr. Berry (3. v. l.) berichtet über die medizinischen Ergebnisse der Apollo-Flüge, Prof. Dr. Gazenko (links) von der sowjetischen Akademie der Wissenschaften über die Sojus-9-Ergebnisse. Ganz rechts der Arzt und Kosmonaut Dr. Jedorow.

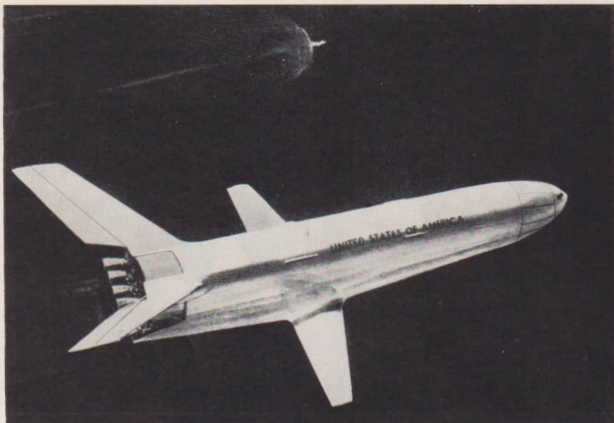




Oben: Der Raum für die Operateure im westdeutschen Satellitenkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen bei München.

Unten: Blick in den Computerraum des westdeutschen Satellitenkontrollzentrums in Oberpfaffenhofen.





Zu Seite 25:

Ergebnisse des XXI. IAF-Kongresses

Abb. 1, oben: Eines der amerikanischen Projekte für einen Raumtransporter. Die Boosterstufe (Vordergrund) hat sich in etwa 60 km Höhe getrennt und kehrt zur Erde zurück. Die 2. Stufe — der Transporter (Hintergrund) — steigt weiter auf in die Satellitenbahn. Abb. 2, Mitte: Die Rückkehr der Zweitstufe eines Raumtransporters nach Erfüllung seiner Mission. Hier noch in der Phase der dynamischen Abbremsung. Abb. 4, unten: Ein Raumtransporterprojekt, bei dem die Boosterstufe als Doppelrumpffahrzeug ausgelegt ist. Abb. 3: S. 25.



513 Mondkrater erhielten Namen

An der 14. Tagung der Internationalen Astronomischen Union, auf der die Namensgebung für 513 Mondkrater beschlossen wurde, nahm als Mitglied der IAU auch das Nationale Komitee für Astronomie der DDR mit einer Delegation teil. Mitglieder der Delegation waren: Prof. Dr. Lambrecht (Leitung), Dr. Oetken, Dr. Oleak, Dr. Schmidt und Dr. Zimmermann.

Die in Brighton beschlossene Namensliste umfaßt Gelehrte und Pioniere aller Länder und Zeiten. Der „Älteste“ unter ihnen ist der „Vater der Medizin“ Hippokrates, der vor zweieinhalb Jahrtausenden lebte, die „Jüngste“ die heute 33jährige Valentina Tereschkova-Nikolajewa, die erste und bisher einzige Frau im Kosmos. Am stärksten ist der Anteil der Naturwissenschaftler mit weltbekannten Namen wie Abbé, Bellingshausen, Coulomb, Doppler, Geiger, Hahn, Hilbert, Joffe, Joule, Landau, v. Laue, Leibniz, Mach, Meitner, Mendel, Morse, v. Neumann, Ohm und Pawlow.

Die Philosophie ist mit Namen wie Avicenna, Boyle, d'Alembert und Leukippos, die Literatur mit Chaucer, Cyrano de Bergerac, Dante, Lukretius und H. G. Wells, die Medizin mit Ehrlich, Fleming, Koch, Paracelsus und Vesalius, die Archäologie mit Schliemann vertreten. Unter den Pionieren der Raketentechnik und Raumfahrt finden wir Congreve, Esnault-Pelterie, Ganswindt, Hohmann, Kibaltschitsch, Kondratjuk, Konstantinow, Koroljow, Valier, Winkler und Zander. Zwei Ausnahmen bilden die beiden Gestalten der griechischen Mythologie Dädalos und Ikarus.

Von den Weltraumfahrern sind insgesamt 18 verewigt worden, sechs verstorbene bzw. verunglückte – Beljajew, Chaffee, Gagarin, Grissom, Komarow und White – sowie zwölf lebende – die sowjetischen Kosmonauten Dr. Feoktistow als der erste Wissenschaftler im Weltall, Leonow für den ersten Weltraum-Ausstieg, Nikolajew für den ersten Gruppenflug und den längsten Raumflug, Schatalow für den Aufbau der ersten experimentellen Orbitalstation, Tereschkova als die erste Frau im Kosmos und Titov für den ersten eintägigen Raumflug; ferner die amerikanischen Kosmonauten Anders, Borman und Lovell für die erste Umfliegung des Mondes sowie Aldrin, Armstrong und Collins für die erste Mondlandung. Die Kosmonauten-Krater bilden einen Reigen um das auf der östlichen Halbkugel liegende Moskauer Meer, die Astronauten-Krater gruppieren sich um den auf der westlichen Halbkugel befindlichen großen Apollo-Krater. Eine Ausnahme sind die nach der Apollo-11-Besatzung benannten Krater, die auf der sichtbaren Hälfte des Mondes in der Nähe der Landestelle im Mare Tranquillitatis liegen.

Zu den Wissenschaftlern, deren Lebenswerk auf diese Weise Ehrung fand, gehören auch **Astronomen aus der DDR**, deren Leistungen eng mit der Entwicklung unseres Staates verbunden sind. So wurde ein Krater in der Südpol-Region nach Grottrian, ein Krater südwestlich des Moskauer Meeres nach Hoffmeister, und ein Krater auf der westlichen Halbkugel nach Schneller benannt.

Prof. Dr. Grottrian, am 21. April 1890 in Aachen geboren, studierte in Göttingen Mathematik und Physik und wandte sich nach dem ersten Weltkrieg der Atomphysik, vor allem den Spektren der Atome zu. 1922 wurde er an das Astrophysikalische Observatorium Potsdam berufen. 1929 hatte er sich an einer Expedition nach Nord-Sumatra beteiligt, bei der in einer Höhe von 1100 m während einer Sonnenfinsternis am 9. Mai die Ablenkung des Lichtes eines Fixsternes durch das Gravitationsfeld der Sonne gemessen wurde. Diese Exkursion regte Dr. Grottrian an, sich mit der Erforschung der Sonnenkorona zu beschäftigen. 1934 gab ihm das Auftreten der Nova Herculis den Impuls für das Studium des Nova-Problems.

1946 wurde Grottrian mit der Leitung des Einstein-Turmes beauftragt. 1950 zum Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam ernannt und 1951 als Professor mit Lehrstuhl für Astrophysik an der Humboldt-Universität zum Ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Berlin berufen.

Als bedeutende wissenschaftliche Leistungen des am 3. März 1954 verstorbenen Astrophysikers gelten:

die Sonnenkorona als freischwebende Atomkerne zu analysieren;

das Spektrum dieses atmosphärischen Kranzes unseres Zentralgestirns – „Grotrian-Diagramm“ – eingehend wissenschaftlich zu erläutern; die Sonnenflecken als riesige magnetische Felder zu definieren, deren Innentemperatur 4500 Grad Celsius gegenüber den 6000 Grad Celsius der „normalen“ Sonnenoberfläche beträgt; den ersten Apparat (Coronograph) zu konstruieren, mit dem die Sonnenkorona nicht nur bei Sonnenfinsternissen, sondern zu jeder Zeit zu beobachten ist.

Für seine Forschungen und Entwicklungen, die eine Reihe anderer Entdeckungen auslösten, wurde Prof. Grotrian 1949 mit dem Nationalpreis ausgezeichnet.

Prof. Dr. Hoffmeister wurde am 2. Februar 1892 in Sonneberg geboren. Vor dem ersten Weltkrieg war er in Baltimore Angestellter einer Importfirma. Aber die Leidenschaft für die Astronomie führte ihn bald an die Remels-Sternwarte in Bamberg, wo er als Hilfsassistent von E. Hartung tätig war. Er machte im Alter von 30 Jahren nachträglich das Abitur, begann ein Astronomie-Studium und promovierte zum Doktor der Naturwissenschaften.

1925 gründete der Forscher auf dem Erbsbühl mit Unterstützung der Stadt Sonneberg eine private astronomische Forschungsstätte. Die wissenschaftlichen Leistungen Prof. Dr. Hoffmeisters fanden 1927 Anerkennung durch die Leibniz-Medaille und 1929 durch den Preis der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

1930 wurde das Sonneberger Observatorium als Zweigstelle der Universitäts-Sternwarte Berlin-Babelsberg übernommen. Im gleichen Jahr unternahm Prof. Dr. Hoffmeister eine Forschungsfahrt in die Karibische See zur Beobachtung des Sternschnuppenphänomens in der Tropenzone, Photometrie des Zodiakallichtes und der südlichen Milchstraße. Drei Jahre später folgte gemeinsam mit N. Richter eine Reise in das atlantische Küstengebiet vor Südamerika.

Die hauptsächlichsten Forschungsobjekte Prof. Dr. Hoffmeisters waren Meteore, Kometen, Zodiakallicht und Veränderliche Sterne. 1937 erschien sein Standardwerk „Meteore“. 1948 „Meteorströme“ und 1954 „Sterne über der Steppe“. Seine Arbeiten über die Natur des Zodiakallichtes und die leuchtenden Nachtwolken genießen internationale Anerkennung. Von den rund 10 000 Veränderlichen Sternen, die bis heute ermittelt werden konnten, entdeckten Prof. Dr. Hoffmeister und seine Mitarbeiter etwa die Hälfte. 1959 gelang es dem Sonneberger Kollektiv, die extragalaktische Dunkelwolke und 1965 einen neuen Planetoiden mit einer Umlaufzeit von 3,67 Jahren zu entdecken.

1947 wurde das Sonneberger Observatorium Sternwarte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin; Prof. Dr. Hoffmeister, Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, der Sächsischen Akademie der Wissenschaften und der Leopoldina, erhielt 1951 für seine hervorragenden Leistungen den Nationalpreis. Am 2. Januar 1968 verstarb Hoffmeister in seiner Heimatstadt Sonneberg.

Dr. Heribert Schneller (1901 bis 1967), von Beruf Mediziner, war in den Sternwarten Babelsberg und Sonneberg sowie am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Sein Lebenswerk galt der Beobachtung der Veränderlichen Sterne, insbesondere ihrer Katalogisierung und Klassifizierung.

Noch zwei weitere Objekte auf der Mondrückseite tragen heute Namen von Forschern, die bis zu ihrem Tode in Babelsberg und Potsdam tätig waren. Ein Krater in der Südpol-Region wurde von der IAU nach Guthnick und ein Krater nahe dem Mondäquator nach Kohlhörster benannt.

Prof. Dr. Guthnick (1879 bis 1947) war seit 1921 Direktor der Universitäts-Sternwarte Berlin-Babelsberg. Er arbeitete über Veränderliche Sterne, führte dazu in Deutschland die fotografische Himmelsüberwachung ein und begründete die moderne lichtelektrische Photometrie der Gestirne mit dem Bau des ersten lichtelektrischen Photometers.

Prof. Dr. Kohlhörster (1887 bis 1946) lehrte an der Universität Berlin Physik und war Direktor des Laboratoriums für kosmische Strahlen in Potsdam. Er gilt als Pionier der Beobachtung kosmischer Strahlung mit Hilfe von Ballonen, entwickelte die Koinzidenz-Methode und ermittelte die sogenannten Schauer kosmischer Strahlen.

HORST HOFFMANN

- Crookes** 11 S 165 W
Sir William (1832–1919), englischer Physiker, Chemiker; Erfinder des Radiometers, Crookes-Röhre; entdeckte das Thallium; Nachweis atmosphärischen Stickstoffs.
- Curie** 23 S 92 E
Pierre (1859–1906), französischer Physiker, Chemiker; Professor, Sorbonne; Nobelpreis 1903 (zusammen mit Marie Curie und Becquerel); Kristallographie; entdeckte die Piezoelektrizität; Wirkung von Hitze auf Magnetismus (Curie-Punkt); Radioaktivität.
- Cyrano de Bergerac** 20 S 157 E
Savinien (1615–1655), französischer Schriftsteller und Dramatiker, Soldat; beschrieb imaginäre Reisen zu Mond und Sonne; „Merkwürdige Geschichte der Staaten und Reiche auf dem Mond“; Freidenker und Satiriker.
- Daedalus** 6 S 180
Handwerker aus der griechischen Sagenwelt, 2000 v. u. Z.; erbaute das Labyrinth des Minotaurus auf Kreta; fertigte für sich und seinen Sohn Flügel aus Wachs und Federn an, um aus Kreta zu entkommen und nach Sizilien zu fliegen.
- D'Alembert** 52 N 164 E
Jean (1717–1783), französischer Mathematiker, Physiker, Philosoph; Theorie der Differentialgleichungen, Berechnung und ihre Anwendungen; Dreikörper-Problem; löste das Präzessionsproblem der Tag- und Nachtgleiche und erweiterte Newtons Ergebnisse über die Bewegung der Himmelskörper.
- Danjon** 11 S 123 E
André (1890–1967), französischer Astronom; Direktor des Observatoriums Paris und Meudon; Photometrie von Merkur und Venus; Helligkeit des zu- und abnehmenden Mondes und ihre Relation zum Sonnenzyklus; Unregelmäßigkeiten der Erde und Zeitmessungen.
- Dante** 25 N 180
Alighieri (1265–1321), italienischer Dichter, einer der größten der Weltliteratur; Hauptwerk: „Göttliche Komödie“, Teil 3 „Paradies“, beinhaltet eine Reise durch die 8 konzentrischen Sphären von Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und der Fixsterne.
- Das** 14 S 152 W
Amil K. (1902–1961), indischer Astronom; Direktor des Kodaikanal-Observatoriums; Solarphysik, spektrophotometrische Studien der Sonnenflecken, Protuberanzen, Chromosphäre; Entwicklung von Observatorien-Einrichtungen.
- Davison** 38 S 175 W
Clinton J. (1881–1958), USA-Physiker, Bell-Telephone-Laboratories; entwickelte zusammen mit L. H. Germer Elektronenbeugung durch Kristalle, erster Beweis für Wellentheorie des Elektrons; erforschte Glühkathodeneffekte, elektronische Anlagen sowie Optik und Kristallphysik.
- Dawson** 67 S 134 W
Bernhard H. (1890–1960), argentinischer Astronom; Professor, La Plata; südliche Doppelsterne, Bahnen von Doppelsternen; mikrometrische Beobachtungen von Kometen und Asteroiden; Verfinsterungen; Veränderliche Sterne; Nova Puppis; Meridiankreis.
- Debye** 50 N 177 W
Peter J. W. (1884–1966), Physiker, Chemiker (geb. in den Niederlanden); Professor der Universitäten Utrecht, Göttingen, Leipzig, Berlin und Cornell; Nobelpreis für Chemie 1936; Untersuchungen über Molekularstruktur, Dipol-Momente, polare Moleküle; Theorie über das Verhalten von starken Elektrolyten; Pionier beim Studium der Polymeren.
- De Forest** 76 S 162 W
Lee (1873–1961), USA-Erfinder, Pionier in der Entwicklung von drahtloser Telegraphie; Erfinder der Triode.

- Dellinger** 7 S 140 E
John H. (1886–1961), USA-Physiker, Nationales Büro für Standards; Radio und Telekommunikation, Entwicklung und Anwendungen speziell in der Luftfahrt; entdeckte den Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und Kurzwellenradioschwunderscheinungen (Dellinger-Effekt); Vorstand des Central-Radio-Propagation-Laboratoriums, NBS.
- Delporte** 16 S 121 E
Eugene J. (1882–1955), belgischer Astronom; Direktor des Belgischen Königlichen Observatoriums; systematische Beobachtungen von Asteroiden, entdeckte neue Asteroiden; Meridian-Astronomie.
- Denning** 16 S 143 E
William F. (1848–1931), britischer Astronom; Meteorschwärme und ihre Radianzen, Höhen und Geschwindigkeiten von Kugelblitzen; Oberflächenmarken und Rotationsperioden von Planeten; entdeckte 5 Kometen und 2 Novae.
- De Roy** 55 S 99 W
Felix (1883–1942), belgischer Journalist und Amateur-Astronom; machte mehr als 90 000 Beobachtungen von Veränderlichen Sternen; früherer Präsident der IAU, Kommission 22 (Metere),
- Deutsch** 24 N 111 E
Armin J. (1918–1969), USA-Astronom, Mt. Wilson und Palomar-Observatorium, stellare Spektroskopie, Spektralveränderungen vom Typ A; Theorie der elektromagnetischen Prozesse in stellaren Atmosphären; Gewichtsverlust von Roten Riesen.
- De Vries** 20 S 177 W
Hugo M. (1848–1935), niederländischer Botaniker; Professor der Universität Amsterdam; Untersuchungen der Mendelschen Gesetze über Vererbung; entwickelte Theorie der Mutationen und des plötzlichen Ursprungs von neuen Spezies; Vererbungseinheit.
- Dewar** 3 S 166 E
Sir James (1842–1923), britischer Chemiker; Professor der Universität Cambridge; Untersuchungen über organische Chemie, Verflüssigung von sogenannten permanenten Gasen, Temperaturen nach dem absoluten Nullpunkt; wies 1910 die Herstellung von He durch reines Radiumsalz nach.
- Dirichlet** 10 N 151 W
Peter G. L. (1805–1859), deutscher Mathematiker; Professor der Universität Berlin; eindeutige Integrale, komplexe Zahlen, Hydrodynamik, Potentialtheorie, Zahlen- und Funktionstheorie.
- Donner** 31 S 98 E
A. (1873–1949), finnischer Astronom; Professor, Helsinki, Carte du Ciel.
- Doppler** 13 S 160 W
J. Christian (1803–1853), österreichischer Physiker, Mathematiker, Astronom; Professor in Wien; entdeckte den Einfluß relativer Bewegung auf die Wellenlängen von Licht- und Schallwellen; Optiken.
- Douglass** 35 N 122 W
Andrew E. (1867–1962), USA-Astronom; Professor, Universität Arizona; Direktor des Steward-Observatoriums; Dendrochronologie, Klimazyklen und Wachstum der Bäume im Zusammenhang mit dem Sonnenfleckenzyklus.
- Dreyer** 10 N 97 E
John L. E. (1852–1926), britischer Astronom; Direktor des Armagh-Observatoriums; Bewegungen der Sterne und Nebel; Sternkatalog.
- Drude** 39 S 91 W
Paul K. L. (1863–1906), deutscher Physiker; Professor der Universität Berlin; Physikalische Optik und elektromagnetische Theorie.
- Dryden** 33 S 157 W
Hugh L. (1898–1965), USA-Physiker und Ingenieur, Nationales Büro für Standards; Stellvertretender Leiter der NASA seit 1958; Aerodynamik und Aeronautik; Forschungen über die Grenzschichtströmungen, Windkanalturbulenz.

Dufay	5 N	170 E
Jean C. B. (1896–1967), französischer Astronom; Direktor des Observatoriums Haute-Provence; Galaktische Nebel, interstellare Materie; Licht vom Nachthimmel; Spektren der Novae.		
Dugan	65 N	103 E
Raymond S. (1878–1940), USA-Astronom; Professor der Princeton-Universität; Photometrie, Bedeckungsveränderliche Sterne.		
Dunér	45 N	179 E
Nils C. (1839–1914), schwedischer Astronom; Professor, Observatoriumsdirektor in Uppsala; Differentialrotation der Sonne; stellare Spektroskopie, Veränderliche und Doppelsterne.		
Dyson	61 N	121 W
Sir Frank W. (1868–1939), englischer Astronom; Verteilung und Bewegung von Sternen; Sternenströme; Sternparallaxen; Verfinsterungsbeobachtungen am Sonnenspektrum und Relativitätseffekt.		
Dziewulski	21 N	99 E
Wladyslaw (1878–1962), polnischer Astronom; Professor, Gründer und Direktor des Observatoriums Wilno; Himmelsmechanik; langzeitige Störungen von kleinen Planeten; Bewegungen von Sterngruppen; Veränderliche Sterne; Geschichte der Astronomie.		
Ehrlich	41 N	172 W
Paul (1854–1915), deutscher Bakteriologe, legte den Grundstein für moderne Hämatologie; Pionier der Immunologie (Antitoxin-Theorie) und Begründer der Chemotherapie; entdeckte Heilverfahren für die Syphilis; entwickelte ein Diphtherie-Antitoxin; 1908 Nobelpreis für Physiologie und Medizin.		
Eijkman	62 S	141 W
Christiaan H. (1858–1930), niederländischer Physiker, Direktor des Pathologischen Laboratoriums Batavia (Indonesien); Professor in Utrecht; Nobelpreis 1929; tropische Pathologie; er bewies, daß Beriberi eine Ernährungsmangelkrankheit ist.		
Eindhoven	5 S	110 E
Willem (1860–1927), holländischer Physiologe (geb. auf Java), Professor der Universität Leiden; erfand Vorläufer des Elektrokardiogramms; führte den Gebrauch des Elektrokardiogramms zur Diagnose von Herzfehlern ein.		
Ellerman	26 S	121 W
Ferdinand (1869–1940), USA-Astronom, Mt. Wilson-Observatorium; Sternenspektren; Inst. Adv. der Sonnenflecken, Chromosphäre, Solarphysik.		
Ellison	55 N	108 W
Mervyn A. (1909–1963), britischer Astronom; Direktor, Dunsink-Observatorium; Inst. Adv. Stud. in Dublin; Solarphysik; Protuberanzenphotometrie; Solar-terrestrische Korrelationen, kosmische Strahlen; Herausgeber der IGY-Tageskarten der Sonnenaktivität.		
Elvey	9 N	101 W
Christian T. (1899–1970), USA-Astronom (Yerkes und McDonald-Observatorium) und Geophysiker; Direktor des Geophysikalischen Institutes der Universität Alaska; Untersuchung der Rotation der Sterne, des galaktischen Lichtes, des Nachhimmelleuchters, Aurora.		
Emden	63 N	176 W
J. Robert (1862–1940), Schweizer Astrophysiker, Meteorologe, Universität München; entwickelte die Theorie der polytropischen Gassphären einschließlich ihrer Anwendung auf stellare Strukturen; Thermodynamik von Sternen; angewandte Theorie des Strahlungsgleichgewichts der Erdatmosphäre.		
Engelhardt	5 N	159 W
Wasily P. (1823–1915), russischer Amateur-Astronom; machte zahlreiche Beobachtungen von Kometen, Asteroiden, Nebeln und Sternanhäufungen an seinem privaten Observatorium in Dresden.		

Eötvös	36 S	134 E
Roland von (1848–1919), ungarischer Physiker; Professor der Universität Budapest; Präsident der Akademie der Wissenschaften, Kapillarkraft; Gravitation, Eötvös-Balance.		
Erro	6 N	98 E
Luis E. (1897–1955), mexikanischer Astronom und Erzähler; Gründer des Nationalen Astrophysikalischen Laboratoriums in Tonanzintla 1941 und dort seit 1950 Direktor; wissenschaftlicher Berater des Präsidenten 1935 bis 1935.		
Esnault-Pelterie	47 N	142 W
Robert A. C. (1881–1957), französischer Pionier der Astronautik, Gründer der Astronautik, entwickelte Raketenmotoren, schlug den Gebrauch von Raketen für das Studium der oberen Atmosphäre vor.		
Espin	28 N	109 E
Thomas H. E. C. (1858–1934), englischer Amateur-Astronom, Vikar von Tow Law; arbeitete einen spektroskopischen Bericht aus, wobei er einige Rote Sterne suchte und fand; publizierte den Katalog der Roten Sterne (3800) und bestimmte später ihre Klassifikationen nach DRAPER; beobachtete viele Doppelsterne, die in seinen Listen in M. N. veröffentlicht sind.		
Evans	10 S	134 W
Sir Arthur (1851–1914), englischer Archäologe; wies die Realität der legendären Mino-Zivilisation von Kreta (2000 v. u. Z.) durch seine Ausgrabung des Palastes zu Knossos nach.		
Evdokimov	35 N	153 W
Nikolai N. (1869–1940), UdSSR-Astronom; Direktor, Charkow; Bestimmung der Sternparallaxen durch Meridiankreise; astrometrische Instrumente.		
Evershed	36 N	160 W
John (1864–1956), britischer Astronom; Direktor am Kodaikanal-Observatorium; entdeckte Radialströme in Sonnenflecken.		
Fabry	43 N	100 E
Charles (1867–1954), französischer Physiker, Professor der Universität Paris; Direktor des Institutes für Optik; Interferenz; Spektroskopie (Fabry-Perot-Interferometer); führte das internationale Wellenlängensystem ein; schätzte den Betrag von Ozon in der oberen Atmosphäre ab.		
Fechner	59 S	125 E
Gustav T. (1801–1887), deutscher Physiker, hervorragender Psychologe; Professor der Universität Leipzig; Gründer der Psychophysik; bekannt durch das Weber-Fechner-Gesetz, das den mathematischen Zusammenhang zwischen der Intensität des Sinnesindrucks und dem Reiz formulierte.		
Fenyi	45 S	105 W
J. sen. (1845–1927), ungarischer Astronom; Direktor des Kaloosa-Observatoriums; Solarphysik, Protuberanzen.		
Fersman	18 N	126 W
Alexander E. (1883–1945), sowjetischer Geochemiker; Akademie der Wissenschaften der UdSSR; Forschungen über Geochemie, Mineralogie, und über natürliche Hilfsmittel von Europa und dem asiatischen Teil der Sowjetunion.		
Firsow	4 N	112 E
Georgi F. (1917–1960), sowjetischer Raketeningenieur, Test-Konstruktionsbüro; Entwicklung von Flüssigkeits-Raketenantrieben; leitete Testflüge von Trägerraketen für künstliche Erdsatelliten und Wostok-Raumschiffe; kam während eines Raketen-tests um.		
Fitzgerald	27 N	172 W
George F. (1851–1901), irischer Physiker; Professor des Trinity-Colleges in Dublin; entwickelte die elektromagnetische Strahlungstheorie, nahm als erster an, daß der Kopf von Kometen aus großen Meteoriten bestehe, der Schweif dagegen aus kleineren Teilchen; Äther-Theorie.		

Fortsetzung folgt.

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

Einige Ergebnisse des XXI. IAF-Kongresses

KARL-HEINZ NEUMANN

Bei diesem XXI. IAF-Kongreß, der in der Zeit vom 4. bis 10. Oktober 1970 in Konstanz am Bodensee abgehalten wurde, sind rund 200 Vorträge gehalten worden. Dabei wurde das gesamte Gebiet der Raumfahrt, beginnend mit dem Antrieb bis zur bemannten Raumfahrt, sowie die Erforschung des Mondes und der Planeten behandelt.

Unter der Thematik „Systementwicklung“ war der größte Teil der dort gehaltenen Vorträge der Problematik „Raumtransporter“ gewidmet. Dabei traten ökonomische Betrachtungen in den Vordergrund. Raumstationen, die für sehr lange Zeit die Erde umkreisen, müssen ständig versorgt werden. Auch die Besatzung muß häufig gewechselt werden, sie kann nach dem heutigen Stand der Erkenntnis — wenn es sich um eine Raumstation handelt, bei der nicht durch Rotation eine künstliche

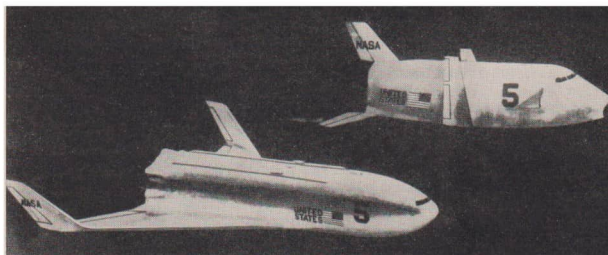


Abb. 3: Eine weitere Version eines zweistufigen amerikanischen Raumtransporters.

Abb. 1, 2, 4, siehe S. 18.

Schwerkraft erzeugt wird — wohl kaum länger als ein bis zwei Monate dort tätig sein.

Daß der Bau der ersten Raumstationen in nicht allzuferner Zukunft liegt, charakterisierte eine Äußerung von Prof. Gzenko. Der Leiter der sowjetischen Delegation erklärte auf eine zielgerichtete Frage, daß in ein bis zwei Jahren, spätestens aber in drei Jahren, eine sowjetische Raumstation die Erde umkreisen wird. Die USA haben nach vorläufigen Plänen die Absicht, Mitte 1972 eine Experimentalraumstation einzurichten. Die Grundlage dieser Raumstation soll eine entsprechend ausgestattete dritte Stufe einer Saturn 5 darstellen, die mit dieser Trägerrakete eine erdnahe Kreisbahn erreichen soll. Die dreiköpfige Besatzung der Experimentalstation soll — mit einer Saturn-1B-Rakete gestartet — in einer Apollo-Kapsel eine gleichartige Bahn erreichen. Danach soll die Kopplung und das Umsteigen der Besatzung in die vorbereitete Raketenstufe erfolgen. Für die Rückkehr der Besatzung ist ebenfalls die Apollo-Kapsel, die mit dem Command- bzw. Service-Modul verbunden bleibt, vorgesehen.

Obleich auch die ersten sowjetischen Raumstationen mit Hilfe konventioneller Raketensysteme errichtet werden, sind auch hier die Fragen von Raumtransportern aktuell. Zwar haben sowjetische Wissenschaftler keinen ins einzelne gehenden Vortrag bezüglich Raumtransporter gehalten, sie erklärten jedoch mehrfach, daß auch sie an der Lösung derartiger technischer Probleme arbeiten.

Wenn wir an die weitere Zukunft denken, so könnten die Kosten für die ständige Unterhaltung einer oder mehrerer Raumstationen bei der Verwendung der bisher üblichen raketentechnischen Hilfsmittel, die ja praktisch Verlustgeräte darstellen, recht hoch werden.

Für die weitere Entwicklung der Raumfahrt muß man in jedem Fall — nicht nur die Raumstationen betreffend — mit einer starken Zuwachsrate beim Bedarf an Trägermitteln rechnen. Es geht also darum, die spezifischen Transportkosten, d. h. also die Kosten je Kilogramm Nutzmasse, stark zu senken.

Bei den zur Zeit verwendeten amerikanischen Raketen liegen die Kosten pro Nutzmassekilogramm für eine Erdsatellitenbahn mittlerer Höhe in der Größenordnung zwischen 2000 und 6000 Dollar.

Dabei sind die spezifischen Nutzlastkosten bei kleineren Raketentypen höher als bei der Super-Rakete Saturn 5. Die Kombination Atlas-Agena D beispielsweise kostet 3480 Dollar pro Kilogramm, die vierstufige Feststoffrakete Scout, der kleinste in der amerikanischen Raumfahrt benutzte Trägerraketentyp, sogar 6670 Dollar pro Kilogramm. Bei der Saturn 5 dagegen sollen die Nutzmassekosten pro Kilogramm nur 1170 Dollar betragen. Diese Tatsache ist vor allem darauf zurückzuführen, daß bei diesen Kostenangaben nicht die Entwicklungskosten für eine Rakete mit einbezogen sind. Würde man die rund 20 Milliarden Dollar bei der Saturn 5 auf die bisher hergestellten 20 Exemplare verteilen, ergeben sich unverhältnismäßig größere Beträge.

Eine ideale Lösung bietet sich darin an, Trägersysteme zu entwickeln, die voll wiederverwendbar sind. Damit könnte man nach vorläufigen Berechnungen die spezifischen Nutzlastkosten um den Faktor 10 reduzieren. Derartige Transportsysteme faßt man unter dem Begriff „Raumtransporter“ zusammen. Man ist sich aber darüber im klaren, daß zur Verwirklichung derartiger Projekte eine intensive Entwicklungsarbeit von 10 bis 12 Jahren Dauer Voraussetzung ist, wobei die Gesamtkosten etwa in der gleichen Größenordnung liegen würden, wie die der Saturn-5-Rakete. Mit einem Einsatz derartiger, wiederverwendbarer Systeme dürfte deshalb von seiten der westlichen Welt nicht vor Anfang der achtziger

Jahre gerechnet werden. Über den Stand der Entwicklung in der Sowjetunion liegen bisher keine Angaben vor.

Betrachten wir nun einige Vorteile, die derartige Raumtransporter bieten können. Zunächst die Frage der Flexibilität. Da es sich um wiederverwendbare Geräte handelt, ist ihre Flugerprobung — verglichen mit Raketen — außerordentlich kostensparend. Durch eine große Zahl von Flugerprobungen läßt sich die Gesamtzuverlässigkeit eines derartigen Systems gegenüber den Verlustraketen wesentlich erhöhen. Aus der bisherigen Raketenentwicklung ist bekannt, daß der Zuverlässigkeitsgrad eines Rakentyps mit der Zahl seiner Einsätze ständig steigt.

Der Start von Verlustraketen, vor allem in der Erprobungsphase, ist aus Fragen der Sicherheit nur über wenig oder gar nicht besiedelten Gebieten bzw. über dem Meer möglich. Da der Start und vor allem die Landung eines derartigen Raumtransportsystems, welches aerodynamische Flugeigenschaften besitzt, praktisch auf jedem Flugplatz erfolgen könnte, fallen diese Beschränkungen weg.

Für die Flugkörper selbst tauchen keine Transportprobleme mehr auf, die vor allem bei den immer größer werdenden Dimensionen der heutigen Raketen schwieriger werden. Ein Raumtransporter kann mit eigenem Antrieb von dem Produktionsort zum Startplatz fliegen.

Raumtransporter können für die verschiedenartigsten Missionen eingesetzt werden. Außer den schon erwähnten Versorgungsaufgaben für Raumstationen können auch unbemannte Forschungs-, Meß- und Nutzsatelliten auf eine erdnahe Umlaufbahn transportiert werden. Beim Erreichen der Umlaufbahn kann vor ihrer „Entlassung“ in die eigene Flugbahn dieses Satellitengerät noch einmal einer eingehenden Enduntersuchung unterzogen werden. Es können ferner Satellitengeräte mit eigenen Antriebssystemen in erdnahe Bahnen gebracht werden, die von dort aus starten. Das betraf z. B. Satelliten, die geostationäre Umlaufbahnen erreichen sollen, oder Nutzmassen, die zum Mond fliegen sollen. Auch der Zusammenbau derartiger Nutzmassen, das Auftanken ihres Raketenantriebs und die Funktionsüberprüfung des gesamten Systems kann durch mehrfachen Einsatz von Raumtransportern erfolgen. Daß das gleiche für den Bau von großen Raumstationen gilt, braucht nicht besonders ausgeführt zu werden. Für die NASA z. B. wäre die bedeutend höhere Nutzmassekapazität eines Raumtransporters bedeutungsvoll. So wurde von NASA-Mitarbeitern errechnet, daß bei den z. Z. eingesetzten und den für die nahe Zukunft geplanten Nachrichtensatelliten eine Gewichtserhöhung um 75 Prozent eine Kostenreduzierung um mindestens 30 Prozent mit sich bringen würde. Diese Einsparung ergibt sich vor allem dadurch, daß man auf viele Miniaturisierungen bei den verwendeten Bauelementen verzichten könnte.

Raumtransporter würden außerdem die Wartung und Reparatur von in erdnahen Bahnen befindlichen Satelliten ermöglichen. Derartige Satelliten könnten in periodischen Zeitabschnitten angefliegen werden. Dabei könnten ausgefallene Bauelemente ersetzt, Filmmaterial geborgen, Treibstoff nachgetankt werden. Es wäre außerdem möglich, den ganzen Satelliten zu bergen und auf die Erde mit zurückzunehmen. Der Raumtransporter selbst ist, wenn er entsprechend ausgerüstet wird, in der Lage, selbständige Missionen auf der Erdumlaufbahn einen oder mehrere Monate lang auszuführen. Damit könnten wissenschaftliche Programme der Raumstation eine wertvolle Ergänzung finden.

Neue Raumflugkörpersysteme und Komponenten sowie neuentwickelte wissenschaftliche Meßinstrumente ließen sich unter Bedingungen des kosmischen Raumes durch den Einsatz von Raumtransportern erproben.

Da Raumtransporter für ihren Start eine verhältnismäßig kurze Zeit benötigen, also praktisch jederzeit einsatzbereit sind, können sie ein ideales Rettungssystem

für in Not geratene Kosmo- bzw. Astronauten sein. Sicherlich werden sich nach dem Einsatz von Raumtransportern noch weitere, bis jetzt noch nicht abschätzbare Aufgaben ergeben.

Damit bei der Erfüllung der genannten Aufgaben auch eine tatsächliche Kostenreduzierung gegenüber den bisherigen Verlustgeräten auftritt, ist die erwähnte Herabsetzung der Transportkosten mindestens um den Faktor 10 erforderlich. Das würde nach vorläufigen Abschätzungen bedeuten, daß die Raumtransporter bis zu etwa 100 bis 300 Flugmissionen eingesetzt werden können. Nicht reduzierbare Kosten sind die des Treibstoffes. Die Konstruktionen müßten so ausgelegt sein, daß die nach der Landung notwendigen Wartungszeiten (z. B. Erneuerung des Hitzeschildes und anderer beschädigter Teile) keine allzu hohen Kosten mit sich bringen und außerdem in relativ kurzer Zeit erledigt werden können.

Eine weitere Rolle spielt die Nutzmassekapazität des Raumtransporters. Von seiten der USA sind bisher zahlreiche Projektstudien angestellt worden. Die heutige Vorstellung, die als Optimallösung angesehen wird, ist ein zweistufiges Gerät. Als Nutzmasse werden hierbei 25 Tonnen vorgegeben. Dieses zweistufige Gerät soll in Huckepack-Anordnung senkrecht starten. Beide Geräte müßten Piloten an Bord haben. Bei einer Geschwindigkeit von rund 3 Kilometern pro Sekunde in etwa 65 km Höhe sollte die Stufentrennung und der Einsatz der zweiten Stufe erfolgen. Diese müßte dann mit ihrer Nutzmasse die Erdsatellitenbahn erreichen. Die erste Stufe sollte mit aerodynamischem Antrieb zur Erde zurückkehren und landen. Nach einer Bremsung der zweiten Stufe (nach Missionserfüllung) würde dann der Wiedereintritt in rund 120 km Höhe mit einer Geschwindigkeit von 6,7 km/sec erfolgen. Nach dieser gesteuerten aerodynamischen Wiedereintrittsphase, die so erfolgen sollte, daß die negative Beschleunigung 2 bis 3 g nicht übersteigt, sollte die zweite Stufe etwa ab 15 km Höhe, bei einer Geschwindigkeit von 500 km pro Stunde, in ihre aerodynamische Flugphase eintreten, um dann, mit aerodynamischem Antrieb gesteuert, landen zu können.

Ein Raumtransporter ist eine Kombination von Rakete und Flugzeug. Der Start erfolgt wie bei einer Rakete; auch der Wiedereintritt entspricht der Landung eines Raumflugkörpers der heutigen Zeit. Nach der Abbremsung müssen normale Strahltriebwerke ausgefahren werden, und der weitere Flug entspricht dem eines Flugzeuges. Das gleiche gilt für die Landung.

Auch die Treibstoffwahl spielt für die Minimalisierung der Kosten eine nicht unwesentliche Rolle. Feststofftriebwerke sind wegen ihrer relativ hohen Kosten ungeeignet. Bei Flüssigkeitsantrieb sind die Treibstoffkosten niedrig, aber die Baukosten wegen der Kompliziertheit des Triebwerkes und der erforderlichen Nebenaggregate hoch. Bei Feststoffraketen dagegen sind die Baukosten niedrig. Bei nur einmal verwendeten Fluggeräten, also den bisherigen Raketen, kommt man deshalb bei beiden Arten etwa auf die gleichen Gesamtkosten. Bei wiederverwendbaren Systemen sind Flüssigkeitstriebwerke klar überlegen, da sich hier die relativ hohen Baukosten auf zahlreiche Flüge verteilen. Auch der Anteil an Entwicklungs- und Produktionskosten ist pro Flugmission bedeutend geringer, wenn dieses Gerät vielfach eingesetzt wird. Unverändert dagegen bleiben die Kosten des Treibstoffes.

Es wurde auch daran gedacht, den Start in ähnlicher Weise durchzuführen wie bei einem Flugzeug. Wegen der zu erwartenden hohen Flächenbelastung und des hohen Treibstoffbedarfs erscheint ein Horizontalstart nicht günstig. Eine Lösung böte sich bei Verwendung eines Raketenschlittens, der nach dem Katapultprinzip arbeitet.

Eines der wesentlichsten Probleme in der Entwicklung von Raumtransportern dürfte beim Hitzeschild zu suchen sein. Der Hitzeschild muß relativ leicht ausge-

führt sein, man muß ihn untersuchen können, und defekte, zu stark abgenutzte Teile müssen austauschbar sein.

Zum anderen muß der Raumtransporter Gleitereigenschaften besitzen und auch bei Überschallgeschwindigkeiten stabil flugfähig und steuerbar sein. Zum anderen dürften weitere technische Probleme, die es zu lösen gilt, darin zu suchen sein, daß hier Flugkörperdimensionen auftreten, die über das bisher übliche Maß hinausgehen, aber trotzdem sichere Flugeigenschaften besitzen müssen. Erwähnt sei noch, daß die Firma Messerschmidt-Bölkow-Blohm einen eigenen Projektentwurf vorgelegt hatte. Hier handelte es sich um eine einstufige, rückführbare Träger-rakete. Sie soll in der Lage sein, fünf bis sieben Tonnen in eine erdnahe Umlaufbahn zu bringen. Auch dieser, vom westdeutschen Ministerium für Bildung und Wissenschaft finanzierte Projektauftrag sieht eine Wiederverwendungsmöglichkeit dieses einstufigen Gerätes vor. Nach der aerodynamischen Abbremsung soll hier die Landung auf der Erde mit Hilfe von Raketenkraft erfolgen. Damit will man alle schwierigen Probleme, die bei der aerodynamischen Bremsung und vor allem bei der Flugphase auftreten können, vermeiden.

Die Dornier-AG hatte außerdem bereits vor Jahren ausgedehnte Projektstudien für Raumtransporter ausgeführt.

Die ERNO-Raumfahrttechnik GmbH, Bremen, berichtete über Windtunnelversuche mit Gleiterflugkörpern unter der Bezeichnung LB 1, LB 10 und LB 21, die bei Machzahlen von 0,5, 1,56 und 4,52 ausgeführt worden sind.

Hinsichtlich der wissenschaftlichen, unbemannten Raumflugkörper spielten in den Vorträgen Projekte der näheren Zukunft die dominierende Rolle. Neben ausführlichen Berichten über die Ergebnisse des westdeutschen Satelliten Azur, der allerdings schon sieben Monate nach seinem Start seine Datenübertragung einstellte, wurden Projekte für künftige Unternehmen beschrieben. Als westdeutsch-amerikanisches Unternehmen wird z. Z. bei MBB eine Sonnensonde unter der Bezeichnung „Helios“ entwickelt. Es ist vorgesehen, diese im Jahre 1974 auf eine Flugbahn ins Planetensystem zu bringen. Dabei soll das Perihel der Bahn bis auf rund 40 Millionen Kilometer an unser Zentralgestirn heranführen. Auch über Erdsatelliten, die speziell Untersuchungen der Ultraviolett- und Röntgenstrahlung dienen, gab es zahlreiche Vorträge. So wollen 1974 die USA einen Satelliten mit der Bezeichnung „HEAO“ starten. Mit ihm soll ausschließlich Röntgen- und Gammastrahlungsastonomie betrieben werden. Vorgesehen ist, daß dieser Satellit nach und nach die gesamte Himmelskugel nach Gamma- und Röntgenstrahlungsquellen abtastet. Man will dadurch einen Himmelsatlas für diese Strahlungsbereiche erhalten.

Als Zwischenstufe vor dem Einsatz bemannter astronomischer Observatorien ist ein automatisch arbeitendes, rückführbares astronomisches Laboratorium vorgesehen. Hier will man fotografische Apparaturen, die in Schwarz-Weiß, Farbe und Farbinfrarot arbeiten, einsetzen. Das Filmmaterial soll zur Erde zurückgeführt werden.

Zum dritten Mal wurde in Konstanz das Symposium über ein internationales Raumlaboratorium abgehalten. Neben zahlreichen, meist von USA-Experten gehaltenen Vorträgen, die technische Details und technische Lösungen für diese internationale Raumstation vorschlugen, gab es auch Vorträge über die rechtlichen Aspekte eines derartigen Laboratoriums. Prof. Wereschetin von der sowjetischen Akademie der Wissenschaften betonte in seinen Ausführungen, daß die Grundlagen des rechtlichen Status eines derartigen Laboratoriums aus dem Weltraumabkommen von 1967 und dem Abkommen über die Rettung von Astronauten aus dem Jahre 1963 abzuleiten seien.

Elektronik und Raumfahrt

H. D. NAUMANN

Die Elektronik hat an den Errungenschaften der Raumfahrt maßgeblichen Anteil. Wertmäßig liegt er im Durchschnitt bei einem Raumflugexperiment bei ca. 60 %. Bei der ersten Stufe einer Trägerrakete entfallen im Durchschnitt 40 % auf elektronische Komponenten, bei der Nutzlast 70 % und bei dem Bodenbetriebssystem 90 % [1].

Durch ihre extremen Anforderungen hat die Raumfahrt die Entwicklung der Elektronik, insbesondere die der Halbleitertechnik, stark beschleunigt. Ohne die Raumfahrt wäre die Elektronik deshalb heute in ihrem Entwicklungsstand weit zurück. Ihre derzeitige Rolle und Bedeutung in vielen Zweigen der Wirtschaft ist deshalb ein wesentliches Verdienst der Raumfahrt und gleichzeitig ein beredtes Zeugnis für deren indirekte Auswirkungen auf den wissenschaftlich-technischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte.

Die spezifischen Probleme der Raumfahrt Elektronik resultieren weniger aus grundsätzlich neuen Aufgabenstellungen, als vielmehr aus den Randbedingungen, die für die Lösung dieser Aufgaben bestehen. Hier sind in erster Linie zu nennen:

- die spezifischen Milieufaktoren des Weltraumes (Vakuum, Schwerelosigkeit, Strahlungseinwirkung, Wärmebelastung, Mikrometeoriteneinflüsse),
- die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit,
- Systemgewicht und Systemvolumen,
- Leistungsbedarf.

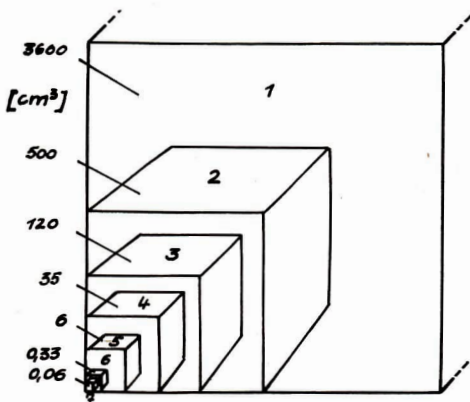
Besonders die Forderungen nach geringem Volumen, geringem Gewicht, geringer Leistungsaufnahme und erhöhter Zuverlässigkeit haben in den vergangenen Jahren eine Reihe neuer Generationen und Technologien von elektronischen Bauelementen hervorgebracht. Ohne an dieser Stelle auf die einzelnen Techniken näher einzugehen, zeigt Abb. 1 den Vergleich der Volumina vergleichbarer elektronischer Schaltungen auf der Basis verschiedener Techniken, wobei die Staffelung von außen nach innen der zeitlichen Reihenfolge ihrer Entwicklung entspricht [2]. Bedenkt man, daß die Flugzeug- sowie Raketen- und Satellitentechnik bei repräsentativen Erzeugnissen in 10 Jahren eine Steigerung der eingesetzten elektronischen Bauelemente (und damit natürlich der Kompliziertheit der Geräte) um den Faktor 10 aufweist [3], wird der von diesen Disziplinen ausgehende Zwang zur Miniaturisierung deutlich. Gleichzeitig aber zwingt die Steigerung von Bauelementen pro Gerät zu einer Steigerung der Zuverlässigkeit des einzelnen Elementes, da ansonsten ein höherer Kompliziertheitsgrad der Geräte mit einem Sinken ihrer Betriebszuverlässigkeit verbunden wäre, was im praktischen Einsatz nicht möglich ist.

Ein Militärflugzeug des Jahres 1942 enthielt z. B. ca. 2000 elektronische Bauelemente mit 30 kp Gewicht und 40 dm³ Volumen. Ein Überschallbomber des Jahrganges 1965 enthielt ca. 150 000 Bauelemente. Bei Anwendung alter Technologien gemäß 1 in Abb. 1 hieße das, daß allein die Elektronik eines solchen Bombers 3 m³ Volumen bei 2,5 Mp Gewicht hätte [3].

Drastischer wird eine Übertragung dieser Vergleiche auf die Satellitentechnik. Die von der ESRO gestarteten Satelliten enthalten ebenso wie der westdeutsche AZUR bei rund 100 kg Masse größenordnungsmäßig 10⁵ Bauelemente [4]. Würde man die Elektronik dieser Satelliten in konventioneller Verdrahtungstechnik ausführen, hätte sie allein eine Masse von größenordnungsmäßig 200 bis 300 kg. Die amerika-

Abb. 1: Vergleich der Volumina elektronischer Schaltungen bei verschiedenen Bauelemente-Techniken.

1 Konvent. Verdrahtungstechnik – 2 gedruckte Schaltung mit Transistoren – 3 Kompaktbaustein – 4 Mikromodultechnik – 5 Dünnschicht-Hybridtechnik – 6 Festkörperschaltkreis – 7 Molekularer Technik.



nische Marssonde MARINER IV enthielt ca. 35 000 Bauelemente. Die Gesamtmasse dieses Flugkörpers betrug ca. 260 kg, wobei rund 27 kg auf die Instrumentierung entfielen. Die Ausführung der elektronischen Geräte in konventioneller Technik hätte hier allein zu einer Masse von wenigstens 500 kg geführt!

Nicht weniger interessant und für die Raumfahrt wichtig sind entsprechende Entwicklungen der Zuverlässigkeit. Unter dem Begriff „Zuverlässigkeit“ faßt man alle Aussagen zusammen, die die Fähigkeit eines Elementes kennzeichnen, seine vorgeschriebene Funktion unter den durch den Verwendungszweck vorgegebenen Bedingungen während einer bestimmten Zeitdauer zu erfüllen [5]. Werden Herstellungs-, Material- und Alterungsfehler ausgeschlossen, funktioniert von einer Zahl n_0 gleichartiger Bauelemente nach einer Zeit t nur noch eine Anzahl

$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

T ist hierbei die mittlere Lebensdauer eines Bauelementes. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Element nach einer Zeitdauer t_1 noch fehlerfrei arbeitet, ist

$$p = \frac{n}{n_0} = e^{-\frac{T}{t_1}}$$

Die Wahrscheinlichkeit, daß nach der Zeit t_1 noch n Elemente fehlerfrei arbeiten, errechnet sich zu

$$p_n = e^{-n \cdot \frac{t_1}{T}}$$

Daraus ergibt sich die Forderung an die mittlere Lebensdauer jedes einzelnen Elementes bei einem System aus n Komponenten und einer geforderten Funktionswahrscheinlichkeit p_n zur Zeit t_n zu

$$T = \frac{n \cdot t_n}{\ln \frac{1}{p_n}}$$

Daraus lassen sich folgende quantitativen Angaben ableiten [6]: Für unbemannte Raumflugkörper fordert man allgemein eine Systemzuverlässigkeit von $p_n = 0,9$. Verfügt der Flugkörper über $n = 100$ Elemente und beträgt die vorgesehene Funktionsdauer ein Jahr, dann ergibt sich als notwendige mittlere Lebensdauer eines Bauelementes ein Wert von rund 1000 Jahren. Erhöht sich die geforderte Systemzuverlässigkeit auf $p_n = 0,99$, wie es bei bemannten Missionen der Fall ist, dann erhält man für eine Flugdauer von 10 Tagen und eine Komponentenanzahl von $n = 200$ des Flugkörpers eine notwendige mittlere Lebensdauer des Einzelementes von $T = 5500$ Jahren! Berücksichtigt man, daß z. B. für

Elektronenröhren	3 Jahre
Schalter	10 Jahre
Mikroschaltkreise	20 Jahre
Transistoren	230 Jahre
Widerstände	1000 Jahre

als mittlere Lebensdauer gelten, scheinen die Forderungen der Raumfahrt selbst heute seitens der Elektronik noch nicht erfüllt zu sein.

Für einen Satelliten vom Typ AZUR, als Beispiel eines „mittleren“ Forschungs-satelliten, wurden bereits größenordnungsmäßig 10^4 Bauelemente genannt. Nimmt man summarisch eine mittlere Lebensdauer von 10^9 Stunden an, so erhält man auf Grund des angegebenen Exponentialgesetzes für ein halbes Jahr Betriebsdauer eine Systemzuverlässigkeit von 0,96 für den Flugkörper. Das heißt also, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß während des ersten halben Jahres kein Ausfall auftritt, 96 % beträgt. Verringert man die mittlere Lebensdauer der Bauelemente auf 10^8 Stunden, sinkt diese Wahrscheinlichkeit auf 67 %. Für MARINER IV mit 35 000 Bauelementen würde bei einer mittleren Lebensdauer von 10^9 Stunden je Bauelement die Wahrscheinlichkeit, daß während eines Jahres kein Ausfall auftritt, nur 75 % betragen [4].

Diese Zahlen beruhen selbstverständlich auf stark vereinfachenden Voraussetzungen. Sie sollen lediglich zeigen, welche extreme Anforderungen bezüglich der Zuverlässigkeit an Satellitenbauelemente zu stellen sind, die ohne eine Reihe von Sondermaßnahmen, über die in einem späteren Beitrag berichtet werden soll, bei Entwicklung, Konstruktion und Bau von Raumfluggeräten selbst bei der modernsten Technik der elektronischen Bauelemente noch nicht zu bewältigen sind.

Literatur:

- [1] Naumann, H. D.: 10 Jahre Weltraumflug – 10 Jahre Elektronik im Kosmos. Funkamateure, 1967, H. 10, S. 467–468. – [2] Krah, K., Schleicher, E.: Mikroelektronik auf der Basis der Dünnschichttechnik. Nachrichtentechnik, 15 (1965), 8, S. 287–292. – [3] Hartmann, W.: Warum integrierte Mikroelektronik? Nachrichtentechnik, 15 (1965), 1, S. 1–5. – [4] Kleen, W.: Zuverlässigkeit und Weltraumtechnik. ETZ-B, 21 (1969), 15, S. 353–356. – [5] Reinschke, K.: Bemerkungen zur Ausfallrate und zu anderen quantitativen Zuverlässigkeitsgrößen. Nachrichtentechnik, 19 (1969), 2, S. 41–48. – [6] Ruppe, H. O., Blumenberg, J.: Elektronik und Raumfahrt SGS - Planar - News, 6 (1970), 14.

sprechenden Wissenschaften. Früher war man beispielsweise der Auffassung, ein wissenschaftliches Problem sei im Prinzip gelöst, wenn ein die physikalische Erscheinung beschreibendes Modell konstruiert und eine geschlossene analytische Lösung dieses Modells gefunden ist; dabei maß man Schwierigkeiten rechnerischer Art keine prinzipielle Bedeutung bei. Bei der Erforschung des kosmischen Raumes jedoch erwiesen sich die rechnerischen Aufgaben als derart kompliziert, daß qualitativ neue Theorien und Methoden sowie eine neue Rechen-technik entwickelt werden mußten. Eine analoge Situation beobachten wir auch bei der Erkennung der Mikrowelt.

Die wachsende Rolle der numerischen Mathematik wirkt sich stark auf die gesamte Struktur der modernen Bildung aus. Es entstehen neue Methoden bei der Ausbildung der wissenschaftlichen Kader, auch der Unterschied zwischen Theoretiker und Experimentator, zwischen Ingenieur und Wissenschaftler stellt sich heute anders dar. Der zunehmende Einfluß der Kosmosforschung auf die Wissenschaft ist somit kein zufälliger, sondern ein gesetzmäßiger Prozeß, ist eine Seite der wissenschaftlich-technischen Revolution in unserer Zeit.

Bei der Überwindung der Elemente des Geozentrismus gestaltet sich das System des theoretischen Wissens selbst in mindestens zwei Richtungen um: Erstens werden die auf der Erde entdeckten Naturgesetze unter kosmischen Bedingungen überprüft, und zweitens führt die Erforschung des kosmischen Raums zur Entdeckung neuer Gesetze. Diese Umdeutung einer Reihe wissenschaftlicher Vorstellungen kann nicht ohne Auswirkungen auch auf den Inhalt der Hochschullehrpläne, der Vorlesungen und Laborarbeiten bleiben. Die in den Unterricht eingefügten neuen Informationen erhöhen das Interesse der Jugend an der Wissenschaft, entwickeln die Wißbegier und überzeugen anschaulich von der Erkennbarkeit der Welt. Große philosophische Probleme werden aufgegriffen, zum Beispiel die Erkennbarkeit und die Einheit der Welt, die Grenzen der Anwendbarkeit von Begriffen sowie die Entwicklungsperspektiven der Gesellschaft.

Die Beeinflussung der Wissenschaft durch die Kosmosforschung ist ein komplexes Problem, dessen Lösung zur Integration der Wissenschaften führt, allseitig gebildete Fachleute verlangt und die Wissenschaftler zu großen Arbeitskollektiven vereinigt. Und in der wissenschaftlichen Ausbildung wird die Rolle der logischen Beziehungen zwischen den Wissenschaften größer, entsteht die Aufgabe, die Menschen an die kollektive Forschung zu gewöhnen und bei ihnen das Gefühl der wissenschaftlichen Solidarität zu entwickeln.

Die Erforschung des kosmischen Raumes hat demnach einen tiefgreifenden Einfluß auf die Weltanschauung, auf das System und die Struktur des Denkens sowie auf Inhalt und Formen der Allgemeinbildung und der Fachausbildung.

Prof. O. M. Belozerkowski, Leninpreisträger, Rektor der Physikalisch-Technischen Hochschule Moskau, in „Westnik wysshei shkoly“, Nr. 5/70, Auszug aus PdSU 142/70.

Anfrage

Wo gibt es Arbeitsgemeinschaften, Beobachtungsstationen, Sternwarten und Schulen, die den Namen des Arbeiterastronomen Bruno H. Bürgel tragen?

Mitteilung erbeten an Astron. Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“ (Bürgelgedenkstätte), z. Hd. von Bfr. Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17.

Verkaufe

„Astronomie und Raumfahrt“, Jahrg. 1963–1970 komplett, nur zusammen für 60,— M. Manfred Hauk, 7031 Leipzig, Brockhausstraße 1.

Ein astronomisches Fernrohr mit Teilkreis auf Drehstativ, Wechsellinse V 40–140, 120fache Vergrößerung, Messing, für ca. 1000,— M. Erika Liebing, 65 Gera, Wendelin-Hippler-Platz 2.

Lunochod 1 mißt kosmische Strahlung

Der Terminus „kosmische Strahlung“ galt zuerst als Bezeichnung für die anfänglich unbekannte Ionisierungsquelle von Gasen in Geräten auf der Erde. Man fand dann, daß diese Quelle, die die Durchführung einiger Experimente behinderte, außerirdischer Natur war.

Unter kosmischer Strahlung versteht man Ströme elektrisch geladener Teilchen, die sich im All bewegen. Sie bestehen im wesentlichen aus Protonen, Elektronen, Alphateilchen (Kern des Heliums) und schwereren Kernen. Nach den jetzigen Vorstellungen sind viele Sterne, namentlich jene, die sich in einer labilen Entwicklungsphase befinden, wie Quasare, Pulsare u. a., die Quellen dieser Strahlung. Die kosmischen Strahlungsteilchen, die bei Explosionen auf Sternen ausgestoßen werden, können durch interstellare Magnetfelder zusätzlich auf riesige Energien von Milliarden Elektronenvolt beschleunigt werden.

Neben dieser galaktischen Strahlung existiert die kosmische solare Strahlung.

Bei Lunochod „identifizieren“ die Halbleiterdetektoren die Protonen der solaren kosmischen Strahlung mit Energien zwischen einem und fünf Millionen Elektronenvolt. Der Gasentladungszähler ist, wie die Halbleiterdetektoren, außen am Lunochod angebracht. Er registriert die Protonen mit Energien von über einer Million Elektronenvolt und die Elektronen mit Energien von über 40 000 Elektronenvolt. Durch Vergleich der Messungen des Gasentladungs- und des Halbleiterdetektors kann man die Elektronenströme der solaren kosmischen Strahlen mit Energien über 50 000 Elektronenvolt beurteilen.

Die Aktivität der Sonne verändert sich durchschnittlich in einem Zeitraum von etwa 11 Jahren, der als Zyklus der Sonnenaktivität bezeichnet wird. Zu Beginn des Zyklus ist die Zahl der Sonnenflecke minimal, dann wächst sie bis zu einem Maximum, und anschließend verringert sie sich wieder. Mit der Zunahme der Flecken vergrößern sich Anzahl und Stärke der Sonneneruptionen. Als Folge davon wachsen das interplanetare Magnetfeld und seine Störung, die Ströme der solaren kosmischen Strahlung und des interplanetaren Plasmas. Das erschwert den galaktischen kosmischen Strahlen das Eindringen in das Sonnensystem. Mit der Zunahme der Sonnenflecke nimmt somit die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung ab, mit der Verminderung der Sonnenaktivität nimmt sie zu.

Die ersten Messungen mit Lunochod 1 ergaben, daß die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung gegenüber der, die während des Fluges von Luna 17 registriert worden war, um mehr als die Hälfte geringer war. Das ist deshalb der Fall, weil der Mondkörper die Hälfte der sichtbaren Himmelssphäre für einen auf ihm befindlichen Körper abdeckt. Außerdem wurden die Angaben über die geringe Radioaktivität der Mondoberfläche, die Luna 9 und Luna 13 geliefert hatten, bestätigt.

Während des gesamten Fluges zum Mond ging die Intensität langsam zurück – in den vier Tagen etwa auf ein Fünftel. Zur gleichen Zeit wurden für die Protonen der galaktischen kosmischen Strahlung mit einer Energie über 30 Millionen Elektronenvolt ein normaler Stand und kleine Variationen registriert.

Dieses „Verhalten“ der kosmischen Strahlung läßt die Vermutung zu, daß die Geräte der Station Luna 17 die letzte Phase des Intensitätsabfalls der Sonnenprotonen nach einem starken Anstieg, hervorgerufen durch eine mehrere Tage zurückliegende Eruption auf der Sonne, registriert haben. Tatsächlich war am 5. November 1970 auf der Sonne eine starke Eruption festgestellt worden. Die kosmische Strahlung, die sie ausgelöst hat, ist von den Geräten aufgezeichnet worden.

Bei den Messungen vom 17. bis zum 20. November auf dem Mond verzeichneten alle Detektoren von Lunochod 1 ein plötzliches Wachsen der Zahl der solaren Protonen, der Elektronen und der Heliumkerne. Die Analyse ergab einen Zusammenhang mit einer Sonneneruption vom 19. November.

Besonders informativ sind die gleichzeitigen Messungen zweier oder mehrerer interplanetarer Stationen wie Luna 17 und Lunochod 1. (Analoge Geräte wurden der automatischen Station Venus 7 mitgegeben.) Bei gleichzeitigen Messungen waren beide Raumflugkörper über 30 Millionen Kilometer voneinander entfernt. Ein erster Vergleich der Ergebnisse ließ erkennen, daß die gleichen Effekte, die auf der Mondumlaufbahn zu verzeichnen waren, auch im Aufenthaltsgebiet von Venus 7 auftraten.

Die weitere Auswertung des Materials wird zweifellos zu vielen neuen, wichtigen Erkenntnissen führen.

G. Ljubimow und N. Kontor in „Prawda“, 13. 



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Radarbeobachtungen der Venusoberfläche · Dr. Ch. Friedemann	33
Mondminerale · Dr. J. Dorschner	35
513 Mondkrater erhielten Namen	36

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitstagung zur Unterstützung des Astronomieunterrichts	43
---	----

Aus der Literatur

Ältester verlorengegangener Planetoid wiedergefunden — Der Veränderliche XX Camelpardalis	48
Der Veränderliche CV-Serpentis stellte seinen Lichtwechsel ein	49
Spica als Doppelstern	49

Bildteil

Radarkarte der Venusoberfläche — Lunochod 1 — Fotos	
Zwei PIONEER-Sonden zum Jupiter — Satellitenfunkverbindungen auf Millimeterwellen — Mondmobil Lunochod 1	50
Kosmos und Produktion	60
Meteoritenaufsturz oder Vulkanismus? — Meteorite als Strahlungsforscher	62

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1970 · Karl-Heinz Neumann	55
--	----

Buchbesprechungen

Flieger-Jahrbuch 1971 — Veränderliche Sterne	3. Umschlagseite
--	------------------

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 429744/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1971 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zugestellgebühr 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: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Radarbeobachtungen der Venusoberfläche

Dr. Ch. FRIEDEMANN

R. M. Goldstein und H. Rumsey jr. führten im Frühjahr 1969 Radarbeobachtungen der Venusoberfläche durch. Die ausgesandten Radarsignale hatten eine Wellenlänge von $\lambda = 12,5$ cm. Für diese und ähnliche Wellenlängen ist die dichte Venusatmosphäre „durchsichtig“.

Die Schwierigkeit bei der Durchführung der Beobachtungen bestand darin, das Auflösungsvermögen der zur Verfügung stehenden Antenne so zu steigern, daß wirklich Einzelheiten auf der Planetenoberfläche „sichtbar“ gemacht werden konnten. Einem maximalen Winkeldurchmesser der Venus von nur $0^{\circ}018$ stand ein Antennenauflösungsvermögen von lediglich $0^{\circ}14$ gegenüber. Die erforderliche Steigerung des Auflösungsvermögens der Radarantenne wurde durch die Ausnutzung zweier Effekte erzielt: den Dopplereffekt, der durch die Rotation der Venus hervorgerufen wird, und die Zeitverzögerung, welche die ausgesandten Signale erleiden, die von verschiedenen Punkten der Planetenoberfläche reflektiert werden (siehe Abb.1). Entsprechend der Kugelgestalt des Planeten haben die an den randnahen Gebieten reflektierten Signale eine etwas größere Wegstrecke zurückzulegen. Bezüglich des Aufpunktes der Erde, d. h. desjenigen Punktes der Venusoberfläche, der der Radarantenne am nächsten liegt, haben alle Signale, die von Punkten reflektiert werden, die sich auf konzentrischen Kreisen bezüglich des Aufpunktes befinden, die gleiche Zeitverzögerung.

Für die Dopplerverschiebungen lassen sich ebenfalls Kurven gleicher Verschiebung angeben, so daß ein zweidimensionales Netz von Punkten bestimmter Frequenzverschiebung und Zeitverzögerung aufgestellt werden kann. Erschwerend bei der Auswertung der Beobachtungen ist jedoch ihre Doppeldeutigkeit bezüglich des Doppler„äquators“. Es kann nicht sofort entschieden werden, von welchen der beiden symmetrisch zum Doppleräquator liegenden Gebieten das reflektierte Signal herrührt. Eine prinzipielle Lösung des Problems besteht aber darin, daß Beobachtungen in Abständen von einigen Tagen bis Wochen gemacht werden. Dann hat sich infolge der Relativbewegung von Erde und Venus der Aufpunkt auf der Venusoberfläche verschoben und andere Gebiete liegen symmetrisch zum Doppleräquator.

Die zu verschiedenen Zeiten durchgeführten Messungen werden in einem langwierigen Näherungsverfahren in einer Rechenmaschine aufbereitet, das außerdem die rapid absinkende Intensität der reflektierten Signale berücksichtigt, wenn man von der Scheibenmitte zu den randnahen Zonen der Venuscheibe übergeht.

Bei den hier zur Diskussion stehenden Beobachtungen wurde insgesamt eine Fläche von 13500×7500 km erfaßt. Die erreichte Auflösung von ± 40 km ist die bisher beste, die erzielt wurde. Die Auflösung entspricht etwa der doppelten, die im günstigsten Falle bei der Betrachtung des Mondes mit bloßem Auge erreicht werden kann.

Allgemein zeigt die Radarkarte (siehe Abb. 2, S. 47) helle (gut radarreflektierende) und dunkle (schlecht radarreflektierende) Gebiete. Im Westteil der Radarkarte steht die Zuordnung einiger radar„heller“ und „dunkler“ Gebiete noch aus. Sie sind deshalb noch als helle und dunkle Streifen eingetragen. Auch in der Nähe des Aufpunktes ist die Radarkarte korrekturbedürftig, da dort infolge der praktisch verschwindenden Dopplerverschiebungen das Auflösungsvermögen nur sehr gering ist.

Besonders auffällig ist das rundliche helle Gebiet „Alpha“ (0° , 25° S), dessen Ausdehnung etwa 1000 km beträgt. Es wurde bereits 1964 entdeckt, seine Auflösung in kleinere Strukturmerkmale gelang jedoch erst jetzt. Weitere sich hell von Untergrund abhebende kleinere Gebiete sind z. B. bei 14° N, 11° E und 19° S, 60° W erkennbar. Daneben sind auch deutlich abgegrenzte dunkle Gebiete z. B. bei 29° S, 9° W und 18° S, 10° W vorhanden. Ihr Durchmesser beträgt etwa 300 km. Außer den bisher erwähnten Merkmalen sind weitere ausgedehnte helle und dunkle Gebiete sichtbar, die beträchtliche Strukturmerkmale aufweisen.

Für das Fehlen der Radarechos im Falle der dunklen Gebiete kommen zwei Ursachen in Betracht: Einmal könnten die Radarwellen an den betreffenden Stellen der Oberfläche von dort

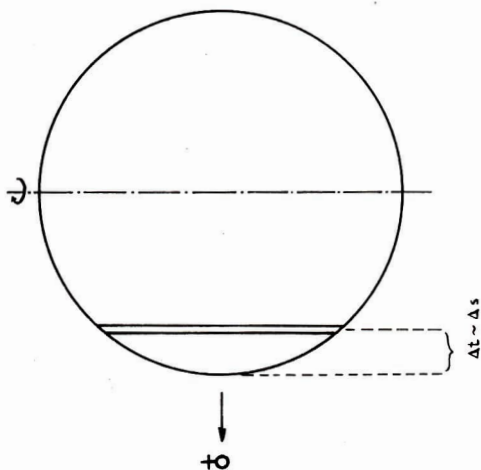
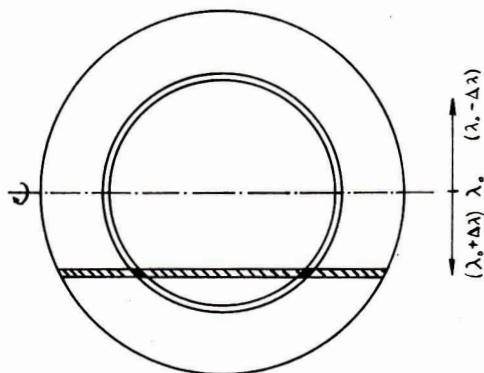


Abb. 1: Darstellung von Zonen gleicher Zeitverzögerung (konzentrischer Kreis im rechten Teil der Abb.) der reflektierten Radarsignale und gleicher Frequenzverschiebung (schraffierter Streifen im rechten Teil der Abb.) auf einem kugelförmigen



Planetenkörper. Bei vorgegebenen Δt und $\Delta \lambda$ kann das empfangene Radarsignal nur von einem sehr kleinen Oberflächenanteil (schwarz gezeichnete Areale) reflektiert worden sein.

liegendem Material stark absorbiert werden, zum anderen würde eine ungewöhnliche Ebenheit der Areale den gleichen Effekt hervorrufen. Der Begriff Ebenheit darf jedoch nicht von der Größenordnung der Wellenlänge, bei der beobachtet wird, getrennt werden. Im vorliegenden Falle könnte in den dunklen Gebieten die Bodenrauigkeit unter 12,5 cm liegen. Das schließt aber nicht aus, daß es auf der Venus Berge gibt. Ihr Nachweis würde jedoch nur bei Beobachtungen mit entsprechend größerer Wellenlänge möglich sein.

Die bisher erreichte Auflösung erlaubt nicht, Berge, Geröllfelder, ausgedehnte Lavafelder oder andere geologische Formationen voneinander zu unterscheiden. Hierfür wären auch Beobachtungen bei verschiedenen Wellenlängen erforderlich. Zukünftige Radarbeobachtungen sind geplant, um die Radarkarte der Venus zu vervollständigen und zu erweitern.

Literatur:

R. M. Goldstein, H. Rumsey jr., Science 169, 974 (1970).

Mondminerale

Dr. J. DORSCHNER

Bei der mineralogischen Untersuchung des im Mare Tranquillitatis von den Apollo-11-Astronauten N. Armstrong und E. Aldrin gesammelten Gesteins wurde eine Reihe neuer Minerale entdeckt. Am besten untersucht sind hiervon der Armalcolit und eine Gruppe von Mineralen, die den Spinellen verwandt sind. Mit der Bezeichnung „Arm-al-col-it“ wurden die Apollo-11-Astronauten Armstrong, Aldrin und Collins von den Entdeckern, sowie für die Untersuchung sechs Forschergruppen an den Universitäten Chicago, Wisconsin und Neu-Mexiko, am Geophysikalischen Laboratorium in Washington, beim Geologischen Dienst der USA und am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, besonders geehrt.

Das Mineral Armalcolit tritt in Form von Körnchen mit Größen zwischen 0,1 und 0,3 mm sowohl im kristallinen (basaltartigen) Gestein als auch in den Breccien, d. h. dem durch ein Bindemittel zusammengeklebten Gesteinsschutt verschiedener Beschaffenheit und Herkunft, auf. Es ist undurchsichtig, von grauer Farbe und besitzt eine Dichte von 4,94 g/cm³. Seine chemische Zusammensetzung kann durch die Formel $(\text{Fe}_{0,8}\text{Mg}_{0,2})\text{Ti}_2\text{O}_5$ wiedergegeben werden; es ist eine feste Lösung zwischen den beiden Endgliedern MgTi_2O_5 („Magnesiumarmalcolit“) und $\text{Fe}^{3+}\text{Ti}_2\text{O}_5$ („Eisenarmalcolit“) und enthält weiterhin geringe Mengen der Elemente Cr, Al und Spuren von Mn, V, Ca und Zr.

Sowohl die beiden Endglieder der Armalcolit-Reihe als auch das Mineral selbst kommen nicht im irdischen Gestein vor, konnten aber synthetisch hergestellt werden. Irdische Minerale von ähnlicher Zusammensetzung und Struktur sind der Pseudo-Brookit ($\text{Fe}_{2/3}^{3+}\text{TiO}_5$) und der 1961 entdeckte Kennedyit ($\text{Fe}_{2/3}^{3+}\text{MgTi}_2\text{O}_{10}$). Man kann sich den Armalcolit, für den zunächst auch die Bezeichnung „Ferro-Pseudo-Brookit“ angegeben wurde, aus dem Pseudo-Brookit entstanden denken, wenn die zwei dreiwertigen Eisenatome durch ein zweiwertiges Eisen- (bzw. ein Magnesium-) und ein Titanatom ersetzt werden.

Eine der bereits erwähnten amerikanischen sowie eine englische und zwei kanadische Forschergruppen fanden im Gestein des Mare Tranquillitatis Spinelle ungewöhnlicher Zusammensetzung. Diese Mondminerale variieren stark in der Zusammensetzung von Probe zu Probe. Sie sind von grauer bis bräunlicher Farbe und stellen feste Lösungen der Minerale Ulvöspinell (Fe_2TiO_5), Chromit (FeCr_2O_4) und Hercynit (FeAl_2O_4) dar. Da diese letzteren auf der Erde vorkommen und nur das Mischungsverhältnis „unirdisch“ ist, haben die Entdecker keine eige-

nen Namen geprägt. Je nachdem welche der genannten Komponenten im betreffenden Mineral dominieren, spricht man von Titan-Chromit, Aluminium-Chromit und Chrom-Ulvöspinell. Die Entdeckung dieser „Mondspinelle“ zeigt, daß zwischen den genannten Komponenten, die auf der Erde weitgehend isoliert auftreten, eine gute Mischbarkeit besteht. Auffällig an den neuen Mineralen ist, daß sie kein dreiwertiges Eisen enthalten. Diese Erscheinung ist allgemein typisch für das Mondgestein und läßt darauf schließen, daß bei der Kristallisation stark reduzierende Bedingungen vorlagen. Die für das irdische Oberflächen-gestein typischen stärker oxidierten Phasen konnten sich offenbar nicht bilden. Andererseits ist das Mondgestein nicht so stark reduziert wie die Chondrite, die größte Gruppe der Stein-meteorite, in denen gediegenes Metall (Nickeisen) und Sulfide vorkommen. Es nimmt an-scheinend eine Zwischenstellung zwischen den Chondriten und den Gesteinen der Erdkruste ein.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung.

Fizeau	58 S	133 W
Armand H. L. (1819–1896), französischer Physiker; Lichtgeschwindigkeit in Luft und Wasser, schlug die Benutzung des Doppler-Effektes zur Bestimmung von radialen Sternengeschwindigkeiten vor; Photographie; infrarotes Sonnenspektrum.		
Fleming	15 N	109 E
Sir Alexander (1881–1955), britischer Bakteriologe; Professor der Medizinschule St. Mary; Entdecker des Penicillins.		
Fleming		
Williamina P. S. (1857–1911), USA-Astronomin; Harvard-Observatorium; photographische Studien Veränderlicher Sterne		
Focas	34 S	94 W
Ionnas (1908–1960), griechisch-französischer Astronom, Meudon, Pic du Midi; Nationalobservatorium Athen; Planetenoberflächen, visuelle Beobachtungen.		
Foster	23 N	142 W
John S. (1890–1964), kanadischer Physiker; Professor der McGill-Universität, Direktor des Strahlungslabors; experimentelle Studien des Stark-Effektes; Quantenmechanische Theorie des Stark-Effektes in Helium; Mikro-wellenantennenkonstruktion und Berechnung.		
Fowler	43 N	145 W
Alfred (1868–1940), britischer Astronom; Forschungen über Spektren von Sonne, Sternen und Kometen; Spektroskopie im Laboratorium, stellte das erste Laborspektrum von He ⁺ her; entdeckte den Ursprung der He ⁺ -Serien.		
Fowler		
Sir Ralph H. (1889–1944), britischer Mathematiker, statistische Mechanik, thermodynamische Ballistik; Stern-atmosphären, weiße Zwerge.		
Freundlich	25 N	171 E
(Finlay), Erwen (1885–1964), deutsch-britischer Astronom; Professor der St. Andrews-Universität, Gründer und Direktor des Einstein-Institutes Potsdam; Sterndynamik; Relativitätstheorie, astronomische Schlußfolgerungen, empirische Tests, besonders Lichtbeugung bei Finsternissen, Rotverschiebung der Spektrallinien.		

Fridman	13 S	127 W
Alexander A. (1888 – 1925), russischer Physiker; allgemeine Relativitätstheorie, Kosmologie; dynamische Meteorologie und Hydromechanik komprimierter Flüssigkeiten.		
Froelich	80 N	110 W
Jack E. (1921 – 1967), USA-Raketeningenieur; Projektiionsdirektor des Explorer I-Programms, das mit dem ersten US-Satelliten abschloß.		
Frost	37 N	119 W
Edwin B. (1866 – 1935), USA-Astronom; Direktor des Yerkes-Observatoriums; astronomische Spektroskopie; entwickelte einen Sternenspektrographen.		
Gadomski	36 N	147 W
Jan (1889 – 1966), polnischer Astronom, Krakauer und Warschauer Observatorium; Studien über Finsternisse der Veränderlichen; Theorie der Exosphäre; Geschichte der Astronomie; Herausgeber der Urania.		
Gagarin	20 S	150 E
Juri A. (1934 – 1968), sowjetischer Kosmonaut; der Erste, der einen Weltraumflug ausgeführt hat; er umkreiste 1961 die Erde im Wostok-Raumschiff. Wurde durch einen Unfall bei einem Trainingsflug im Flugzeug getötet.		
Galois	16 S	153 W
Evarist (1811 – 1832), französischer Mathematiker, Paris; Algebra, Gleichungstheorie, Gruppentheorie.		
Gamow	65 N	143 E
George (1904 – 1968), USA-Physiker; Professor der George-Washington-Universität und der Universität Colorado; wandte die Kernphysik auf Probleme der Evolution der Sterne an; stellte die Neutrino-Theorie der Supernovae auf, Schalenmodell der Roten Riesen, Ursprung der Elemente durch successive Neutronenaufnahme.		
Ganswindt	79 S	110 E
Hermann (1856 – 1934), deutscher Raketenfinder, Ingenieur; möglicherweise der Erste (1899), der ein bemanntes Raumschiff auf der Grundlage einer Konstruktion voraussagte, die prinzipiell durchführbar war.		
Garavito	48 S	157 E
J. (1865 – 1920), kolumbischer Astronom, Direktor des Nationalobservatoriums; Himmelsmechanik, Mondtheorie, Geodäsie.		
Gawrilow	17 N	131 E
Alexander I. (1884 – 1955), sowjetischer Raketeningenieur; Konstruktion von hochleistungsfähigen flüssigen Raketen-treibstoffen.		
Geiger	14 S	158 E
Johannes, H. W. (1882 – 1945), deutscher Physiker; Forschungen über radioaktiven Zerfall, Alpha-Partikel; Ionisationskammern; vervollkommnete den Zähler für Beta- und kosmische Strahlungspartikel (Geiger-Müller-Zählrohr).		
Gerasimovič	23 S	124 W
Boris P. (1889 – 1937), sowjetischer Astronom; Direktor des Pulkowo-Observatoriums; Physik der Sternensphären, veränderliche Sterne, Sternenstatistik.		

Gernsback	36 S	99 E
Hugo (1884–1967), USA-Wissenschaftler, Verleger und Schriftsteller von Science fiction; der jährliche Weltpreis für den Science fiction-Roman wird zu seinen Ehren Hugo genannt.		
Ginzel	14 N	97 E
Friedrich K. (1850–1926), österreichischer Astronom; studierte astronomische Probleme der Chronologie; Eklipsen-Regel.		
Glasenap	2 S	138 E
Sergei P. (1848–1937), sowjetischer Astronom; Professor in St. Petersburg; einer der Gründer der Russischen Astronomischen Gesellschaft; Forschungen an Doppelsternen und Veränderlichen Sternen.		
Golitzyn	25 S	105 W
Boris B. (1862–1916), russischer Physiker; Professor in St. Petersburg; Seismologie, Seismograph.		
Golovin	40 N	161 E
Nicholas E. (1912–1969), USA-Raketenwissenschaftler, Wissenschaftlicher Leiter des White Sands Raketen-geländes in New Mexico; Stellvertretender Chef der NASA, Mitglied des Stabes der wissenschaftlichen Berater des Präsidenten.		
Grachev	3 S	108 W
Andrei D. (1900–1964), sowjetischer Raketenkonstruktionsingenieur; Teilnehmer an der Entwicklung flüssiger Rakentreibstoffe und an der Konstruktion von Flugzeugtriebwerken.		
Graff	43 S	88 W
Kasimir R. (geb. in Polen) (1978–1950), Astronom; Professor, Direktor des Observatoriums der Universität Wien; Sternenphotometrie; Veränderliche Sterne und Sternfarben.		
Green	4 N	133 E
George (1793–1841), britischer Mathematiker, Universität Cambridge; Potentialtheorie.		
Gregory	2 N	127 E
James (1638–1675), schottischer Mathematiker und Astronom; Professor, St. Andrews; erfand das Reflektor-teleskop (Gregorysches); studierte die Verwendung der Durchgänge von Merkur und Venus zur Berechnung der Entfernung der Sonne; entwickelte photometrische Methoden der Abschätzung von Sternentfernungen; löste das Kepler-Problem für unendliche Reihen.		
Grigg	13 N	130 W
J. (1838–1920), Neuseeland; Umlaufbahnen und Ephemeriden von Kometen.		
Grissom	45 S	160 W
Virgil I. (1926–1967), USA-Astronaut, Leutnant-Cononel, US Airforce; einer der sieben Astronauten für das Projekt Mercury; suborbitaler Flug von „Liberty Bell 7“; Pilot von Gemini 3, erstes Zweimann-Raumschiff; Testpilot der Airforce; kam beim Bodenbrand des Apollo-Testraumschiffes um.		
Grottrian	66 S	128 E
W. (1890–1954), Deutscher Astronom, Potsdam; atomare Spektren, „Grottrian-Diagramme“ von Energiepoten-tialen; erste Identifikation der Linien aller Korona; Magnetfelder der Sonne.		

Gullstrand	45 N	130 W
Allvar (1862–1930), schwedischer Ophthalmologe; Professor der Universität Uppsala; 1911 Nobelpreis für Physiologie und Medizin; erprobte Methoden zur Ermittlung des Astigmatismus.		
Gum	40 S	89 E
C. (1924–1960), australischer Astronom, Universität Sidney; Wasserstoff-Emission am südlichen Himmel; interstellare Polarisation in Galaxien.		
Guthnick	48 S	94 W
Paul (1879–1947), deutscher Astronom; Professor, Direktor der Universität Berlin; Untersuchungen über die Anwendung von Photozellen in der Astrophotometrie.		
Guyot	11 N	117 E
Arnold H. (1807–1884), schweizerisch-amerikanischer Geograph, Geologe; Professor der Universität Princeton; formulierte als erster die Gesetze der Struktur und Bewegung von Gletschern; seine Forschungen führten zur Errichtung des amerikanischen Wetterbüros; oben abgeflachte Unterwasserfelsen (guyots) wurden nach ihm benannt.		
Hagen	56 S	135 E
Johann G. (1847–1930), Astronom (in Österreich geb.); Direktor des Georgetown-Observatoriums; Vatikan-Observatorium; internationale Himmelskarten; kritische Überarbeitung des Dreyer-Kataloges; entwickelte den Isotonographen zur Messung der Erddrehung, Veränderliche Sterne; „interstellare Dunkelwolken“.		
Hansky	10 S	97 E
A. (1870–1908), russischer Astronom, Pulkovo; Gründer des Simels-Observatoriums; Sonnenkörnung, Corona (= Ganski)		
Harriot	33 N	114 E
Thomas (1560–1621), englischer Mathematiker, Astronom, Pionier der modernen Algebra, führte die Ungleichheitssymbole ein und das Multiplikationszeichen; beobachtete Sonnenflecke und Jupiter-Satelliten zur selben Zeit wie Galilei, aber veröffentlichte seine Beobachtungen nicht; führte die erste teleskopische Karte des Mondes ein.		
Hartmann	3 N	135 E
Johannes F. (1865–1936), deutscher Astronom; Direktor, Göttingen, La Plata-Observatorium; entdeckte die Interpolationsdispersions-Formel in der Spektroskopie, half die internationalen Standards der Wellenlänge zu entwickeln; baute ein Mikrophotometer und einen Komparator, entwickelte Methoden der Präzisionsprüfung großer Objektive.		
Harvey	19 N	147 W
William (1578–1657), englischer Physiker, Anatom, London; Begründer der modernen Physiologie, entdeckte den Blutkreislauf.		
Hatanaka	29 N	122 W
Takeo (1914–1963), japanischer Astronom, Professor, Tokio; theoretische Astrophysik, Radioastronomie der Sonne.		
Hayford	13 N	176 W
John F. (1868–1925), USA-Zivilingenieur; geographische Vermessung der US-Küste; geodätische Astronomie; führte die Theorie der Isostasie ein.		
Healy	32 N	111 W
Roy (1915–1968), USA, frühes Mitglied und Experimentalforscher der amerikanischen Raketen-gesellschaft sowie später Präsident der ARS.		

Heaviside	10 S	167 E
Oliver (1850–1925), englischer Mathematiker, Physiker, elektromagnetische Theorie; nahm die Existenz einer ionisierten Schicht in der Atmosphäre und deren Effekte auf die Rundfunkübertragung an.		
Helberg	22 N	102 W
Robert J. (1906–1967), USA-Luftfahrt-Ingenieur, Boeing Co.; als Manager des Luna-Orbiter-Programms für Boeing tätig, spielte eine Hauptrolle in der Entwicklung des Lunar-Orbiter-Mondsatelliten und war hauptverantwortlich für die Entscheidung, mit den Orbitern die Rückseite des Mondes zu fotografieren (eine Aufgabe, für die sie nicht bestimmt waren); Forschung und zahlreiche Veröffentlichungen über Luftfahrttechnologie.		
Henderson	5 N	152 E
Thomas (1798–1844), schottischer Astronom; Professor in Edinburgh; erster schottischer königlicher Astronom; beobachtete 1832 den Durchgang des Merkur; maß die Parallaxe von Alpha Centauri; beobachtete die Encke'schen und Bela'schen Kometen.		
Hendrix	48 S	161 W
Don. O. (1905–1961), USA-Optik-Experte; Superintendent des Mt. Wilson- und Palomar-Observatoriums, Optikhandel, Autorität für Teleskop-Optik.		
Heney	13 N	152 W
Louis G. (1910–1970), USA-Astronom; Professor der Universität Chicago, der Universität Californien, Berkeley. interstellare Materie; Lichteffekte reflektierender Nebel; stellare Atmosphäre; Entwicklung der Sterne; Elektro-nenrechnung.		
Hertzprung	0	130 W
Ejnar (1873–1967), dänischer Astronom; Direktor des Observatoriums Leyden; Forschungen über Doppelsterne und Farben, Cepheiden; Entfernung der kleinen Magellan'schen Wolke; Beziehung zwischen Sternengröße und Spektralklasse.		
Hess	54 S	174 E
Harry H. (1906–1969), USA-Geologe; Professor der Universität Princeton; entdeckte die tiefsten Stellen der Weltmeere; Vorsitzender der Nationalen Akademie der Raumfahrtwissenschaften, beteiligte sich an der Planung des wissenschaftlichen Programms von Apollo 11.		
Hess		
Victor F. (1883–1964), österreichisch-amerikanischer Physiker; Professor der Fordham-Universität; studierte kosmische Strahlen und ihre biologischen und atmosphärischen Effekte; Radioaktivität.		
Heymans	75 N	145 W
Corneille J. F. (1892–1968), belgischer Physiologe; Professor der Universität Ghent; Nobelpreis 1938 für Studien über Physiologie und Pharmakologie der Respiration, Metabolismus, Zirkulation und Thermoregulation; Chemo-rezeptoren der Aorta; Transplantationen.		
Hilbert	18 S	108 E
David (1862–1943), deutscher Mathematiker; Professor, Göttingen; grundlegende Theorie der n-dimensionalen Geometrie mit speziellen Anwendungen auf die mathematische Physik.		
Hippocrates	71 N	146 W
(etwa 460–etwa 377 v. d. Z.), griechischer Physiker; Gründer der bedeutenden medizinischen Schule von Kos, Gesetz der Ethik des medizinischen Berufs; wird Vater der Medizin genannt.		
Hirayama	6 S	93 E
Kiyotsugu (1874–1943), japanischer Astronom; Professor der Universität Tokyo; Untersuchungen über Längen-		

variation; Berichte von Finsternissen und Kometen aus der japanischen und chinesischen Klassik; Mond-Theorie, Libration, Asteroiden; entdeckte Asteroiden-Familien.

Hirayama

Shin (1867–1945), japanischer Astronom; Professor der Universität Tokyo; Sonnenflecken, Sonnenatmosphäre; Gründer des Mitaka-Observatoriums; Himmelsmechanik; Sternenastronomie.

Hoffmeister 15 N 137 E

C. (1892–1968), deutscher Astronom, Sonneberg; Meteore, Zodiakallicht; Veränderliche Sterne.

Hogg 34 N 122 E

Arthur R. (1903–1966), australischer Astronom, Mt. Stromlo-Observatorium; atmosphärische Elektrizität, kosmische Strahlen; photoelektrische Photometrie, Atlas der Offenen Sternhaufen des südlichen Himmels.

Hogg

Frank S. (1904–1951), kanadischer Astronom; Professor, Direktor des David-Dunlap-Observatoriums; Radialgeschwindigkeit; Astronavigation; Spektrophotometrie.

Hohmann 18 S 94 W

Walter (1880–1945), deutscher Pionier in der Theorie vom Raumflug, veröffentlichte das erste Buch (1925), das die Probleme des interplanetaren Fluges mathematisch behandelte. Seine Konzepte basieren auf modernen Trajektionsstudien; „Hohmanns transfer ellipse“.

Holetschek 28 S 151 E

J. (1846–1923), österreichischer Astronom, Wien; Helligkeit der Nebel und Kometen.

Houzeau 18 S 124 W

(De Lehaie) Jean C. (1820–1888), belgischer Astronom; Direktor des Observatoriums Brüssel; „Allgemeine Bibliographie der Astronomie“; publizierte auch einen Sternenkatalog.

Hutton 37 N 169 E

James (1726–1797), schottischer Geologe; Begründer der modernen Theorie der Formation der Erdkruste, Einheitstheorie der Geologie, beanspruchte ein viel größeres Alter für die Erde als zuvor angenommen.

Ibn Yunus 14 N 91 E

(etwa 950–1000), ägyptischer Astronom; sammelte astronomische und mathematische Tabellen, basierend auf 200-jährigen arabischen Beobachtungen, führte die Säkularbeschleunigung der Durchschnittsgeschwindigkeit des Mondes ein; verbesserte Theorie der Neigung der Ekliptik und der Präzession von Äquinoxen.

Icarus 6 S 173 W

Legendärer Sohn des Daedalus, welcher zu dicht an die Sonne flog, wobei das Wachs der Schwingen schmolz und er ins Meer fiel.

Idelson 81 S 114 E

Naum I. (1885–1951), sowjetischer Astronom, Institut für Theoretische Astronomie; theoretische Astronomie; mathematische Prozesse aus Beobachtungen.

Ingalls 4 S 153 W

Albert L. (1888–1958), USA-Amateur-Teleskopbauer; schrieb regelmäßig für die „Science American“ und trug

dazu viel zur Popularisierung der Amateur-Teleskopherstellung bei; Herausgeber von „Amateur Telescope Making“.

Innes 28 N 119 E

Robert T. A. (1861–1933), schottischer Astronom; Astronomische Vereinigung von Südafrika; Entdeckung des nächsten Sterns, Proxima Centauri; bewies Schwankungen in der Länge des Tages; studierte Doppelsterne.

Izsak 23 S 117 E

Imre (1929–1965), ungarisch-amerikanischer Astronom, Smithsonian Institut; Himmelsmechanik und Satellitengedäsie.

Jackson 22 N 163 W

John (1887–1958), britischer Astronom, H. M. Astron., Kap der guten Hoffnung; dynamische und fundamentale Astronomie.

Jenner 42 S 96 E

Edward (1749–1823), englischer Physiker; entdeckte, daß Kuhpocken-Impfstoff sicher angewandt werden kann als Mittel zur Verhütung von Blattern.

Joffe 15 S 129 W

Abram F. (1880–1960), sowjetischer Physiker; Direktor des Physikalisch-Technischen Instituts, des Staatlichen Röntgenstrahlen- und Radiologischen Instituts Leningrad; Untersuchungen an mechanischen Eigenschaften von Kristallen, dielektrischen Materialien und Halbleitern; magnetisches Feld von Kathodenstrahlen.

Joule 27 N 144 W

James P. (1818–1889), englischer Physiker; Erzeugung von Wärme durch elektrische Ströme; mechanisches Wärmeäquivalent; berechnete als erster die Geschwindigkeit der Gasmoleküle.

Kamerlingh Onnes 15 N 116 W

Heike (1853–1926), deutscher Physiker; Professor der Universität Leiden; Nobelpreis für Physik 1913; Untersuchung der niedrigen Temperaturen, Eigenschaften der Metalle, Verflüssigung von Helium 1908; Supraleitfähigkeit.

Karpinsky 73 N 166 E

Alexei P. (1846–1936), sowjetischer Geologe; Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR; Paläontologie, Stratigraphie und Tektonik, Petrographie; Geologie des Urals; Paläogeographie.

Keaton 12 S 113 W

William M. (1878–1948), USA (Mass.) Amateurbereobachter von Sonnenflecken über viele Jahre; besonders durch seine hochwertigen Photographien von Sonnenflecken bekannt.

Keeler 10 S 162 E

James E. (1857–1900), USA-Astronom; Direktor des Lick-Observatoriums; bestimmte Wellenlängen von grünen Linien in Nebelspektren; Messung der Rotation der Saturn-Ringe, bestätigte die Partikel-Theorie; radiale Geschwindigkeit des Orion-Nebels; beobachtete 120000 Nebel und folgerte, daß der Spiraltyp der normale ist.

Kékulé 16 N 138 W

(von Stradonitz) Friedrich A. (1829–1896), deutscher Chemiker, untersuchte die Struktur von organischen Verbindungen; 1858 Tetravalenz von Carbon-Verbindungen und Kettenformation von Kohlenwasserstoffen; begründete die Ring-Theorie der Struktur des Benzol-Moleküls.

(Fortsetzung folgt)

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitstagung zur Unterstützung des Astronomieunterrichts

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes veranstaltete am 14. und 15. November 1970 gemeinsam mit dem Ministerium für Volksbildung in Berlin eine Arbeitstagung zur Unterstützung des Astronomieunterrichts. Über 60 Amateurastronomen (vorwiegend Fachgruppenleiter), mehrere Mitarbeiter des Ministeriums für Volksbildung und der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR sowie Redaktionsmitglieder der Zeitschriften „Astronomie in der Schule“ und „Astronomie und Raumfahrt“ nahmen daran teil.



Blick in den Tagungsraum.

Die Tagung, abwechselnd geleitet von Bfr. Prof. Edgar Penzel, Rodewisch, und Bfr. Heinz Mras, Schwerin, verfolgte das Ziel, die guten Traditionen der Zusammenarbeit zwischen Schul- und Amateurastronomen, die bereits seit der Einführung des Astronomieunterrichts im Jahre 1959 bestehen, neu zu beleben. Da am 1. September 1971 ein neuer Lehrplan für Astronomie in Kraft tritt, der die praktischen astronomischen Beobachtungen der Schüler als obligatorische Veranstaltungen vorschreibt, wird dieser Zusammenarbeit besonderer Wert beigemessen. In den vergangenen Jahren waren die praktischen Beobachtungen nur als Empfehlungen im Lehrplan enthalten. Die gegenwärtige Situation der Schulastronomie in der DDR und die Möglichkeiten der Amateurastronomen, ihre Instrumente und ihre Kenntnisse in den Dienst der astronomischen Volksbildung zu stellen, waren Hauptthemen des Referats von Bfr. Dr. Klaus Lindner, Leipzig, Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie. „Durch die Einführung des neuen Lehrplans für Astronomie in der Klasse 10 im Schuljahr 1971/72 wird diesem Fach weiterhin schulpolitisches Gewicht verliehen,“ hieß es im Referat. „In engem Zusammenwirken mit den anderen naturwissenschaftlichen Fächern und der Mathematik wird der Astronomieunterricht noch stärker als bisher dazu beitragen, das wissenschaftliche Weltbild unserer Schüler zu formen und zu vervollständigen. Auf der Basis sicherer grundlegender Kenntnisse und Erkenntnisse über ausgewählte Objekte und Vorgänge im Weltall und deren Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten wird die in den anderen Unterrichtsfächern erworbene materialistisch-dialektische Grundeinstellung der Schüler gefestigt. Die Vermittlung und Aneignung des im Lehrplan ausgewiesenen Wissens und Könnens erfolgt in enger Verbindung mit der Herausbildung elementarer weltanschaulich-philosophischer Erkenntnisse und Überzeugungen über die Erkennbarkeit der Welt, die Materialität der Welt, über den objektiven Charakter der gesetzmäßigen Entwicklung und die Dialektik der Entwicklung in Natur und Gesellschaft.“

Der Referent verglich dann den bisher gültigen und den künftigen Astronomielehrplan miteinander und schilderte die Entstehung des neuen Lehrplans. Er nannte drei Gründe, die die Mitarbeit der Amateurastronomen nötig machen:



Bfr. Prof. E. Penzel

Bfr. H. Mras

Bfr. Dr. K. Lindner

„1. Die gegenwärtig vorhandenen Schulsternwarten und Schulbeobachtungsstationen reichen noch nicht aus, um die vom neuen Lehrplan geforderten obligatorischen Beobachtungen für alle Schüler zu ermöglichen. Abgesehen von der noch zu geringen Zahl der Stationen ist auch ihre territoriale Verteilung noch sehr ungleichmäßig.

2. Die benötigten Beobachtungsinstrumente stehen noch nicht allen Schulen zur Verfügung. Sie befinden sich zur Zeit erst in der Entwicklung und können in den ersten Jahren des neuen Lehrplans nicht eingesetzt werden.

3. An den Schulen, die bisher aus instrumentellen Gründen keine Möglichkeiten zu astronomischen Schülerbeobachtungen hatten, arbeiten z. T. Lehrer, denen die nötigen Kenntnisse und Fähigkeiten für die Beobachtungspraxis noch fehlen. Das Kurssystem der Lehrerweiterbildung ist erst angelaufen und noch bei weitem nicht alle Astronomielehrer konnten daran teilnehmen. Die darin vorgesehenen beobachtungspraktischen Übungen lassen sich (im Gegensatz zu den theoretischen Veranstaltungen) nicht zentral durchführen, sondern müssen auf möglichst viele Sternwarten verteilt werden, um jedem Teilnehmer ein ungestörtes Arbeiten zu ermöglichen.

Diese drei Gründe betreffen jedoch ausschließlich die Beobachtungen. Der Klassenunterricht im Fach Astronomie ist demgegenüber durch die bisher praktizierte Aus- und Weiterbildung der Lehrer gesichert. Im Gegensatz zur Situation von 1950/60 muß sich also der Einsatz der Amateurastronomen auf die Unterstützung der Schülerbeobachtungen konzentrieren.“

Die Möglichkeiten der Zusammenarbeit wurden in folgenden fünf Punkten formuliert:

„1. Alle Schüler sollen vom ersten Tage des Schuljahres 1971/72 an die Möglichkeit haben, ihre praktischen astronomischen Beobachtungen zu absolvieren. In jenen Orten, in denen keine Schulsternwarte besteht und seitens der Schule auch keine Gelegenheit für Schülerbeobachtungen geschaffen werden kann, in denen aber eine Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes arbeitet, sollte zumindest bis zur Ausrüstung der Schule mit einem geeigneten Beobachtungsgerät die Fachgruppe ihr Instrumentarium zur Verfügung stellen.

2. Die Aufsicht bei den Schülerbeobachtungen sollten – neben dem jeweiligen Astronomielehrer – Mitglieder der Fachgruppe übernehmen, um fahrlässige Beschädigungen der Instrumente zu verhindern und um Hilfe und Anleitung beim Umgang mit diesen Geräten zu geben. Es ist gut denkbar, daß sich mehrere Bundesfreunde einer Fachgruppe in dieser Arbeit abwechseln.

3. Fachgruppen, die nicht über kollektive eigene Instrumente verfügen, sollten Überlegungen anstellen, wie die im Privatbesitz befindlichen Fernrohre einzelner Fachgruppenmitglieder für Schülerbeobachtungen eingesetzt werden können. Wir wissen zwar, daß das einen Eingriff in die Arbeitspraxis mancher Bundesfreunde bedeuten würde, meinen aber auch, daß wir in dieser Frage mit dem gewachsenen Bewußtsein und der sozialistischen Einstellung unserer Bundesfreunde gegenüber einer gesellschaftlichen Aufgabe rechnen können.

4. Schulen, die zwar ein Fernrohr, aber keinen mit der Beobachtungspraxis vertrauten Lehrer haben, könnten einen Amateurastronomen bitten, die Leitung der Beobachtungsabende an dem Schulfernrohr zu übernehmen. Das betrifft auch die vielen Schulen, die in den kommenden Jahren erstmalig mit einem Schulfernrohr ausgestattet werden. Besonders an diesen Schulen dürfte die Hilfe erfahrener Praktiker willkommen sein.

5. Außer den Fernrohrbeobachtungen sieht der neue Lehrplan eine Reihe von Beobachtungsaufgaben für das unbewaffnete Auge vor. Die Betreuung der Beobachtungsabende durch Amateurastronomen beschränkt sich nicht auf die Fernrohrbeobachtungen. Sie sollte vielmehr alle Beobachtungsaufgaben umfassen.“

Beobachtungspraktikum, Klassenweise Beobachtung nach Vereinbarung und Besuch eines Amateurastronomen in der Schule sind die wichtigsten Organisationsformen, in denen die Mitarbeit der Amateure geschehen könnte.

Weiterhin führte Dr. Lindner aus: „Mit der Mitarbeit bei den obligatorischen Beobachtungen ist die Zusammenarbeit zwischen Amateurastronomen und Schule aber noch nicht erschöpft. Weitere Möglichkeiten sehen wir in der Mitwirkung als Leiter von Schülerarbeitsgemeinschaften und durch die Unterstützung der Weiterbildung der Astronomielehrer, letzteres wiederum speziell auf dem Gebiete der praktischen astronomischen Beobachtung.“

Das Referat schloß dann wie folgt: „Die Erfahrung lehrt, daß in jenen Fachgruppen, die gute Verbindung zur

Schule halten, ein reges Interesse Jugendlicher für unsere Arbeit eingesetzt hat. Es gibt Beispiele, daß sich überalterte Fachgruppen regelrecht „verjüngten“. Nutzen wir diese Quelle! Sie ist nahezu die einzige, aus der wir Nachwuchskader für unsere Fachgruppen gewinnen können.

Unser Ausgangspunkt war der VII. Pädagogische Kongreß. Wir haben gesehen, daß die Mitwirkung in der Schul-astronomie ein gesellschaftlicher Auftrag für uns ist. Ich bin überzeugt, daß wir ihn ehrenvoll erfüllen werden;

Ich bin aber auch überzeugt, daß wir in dieser Zusammenarbeit eine Quelle der Freude für uns und die uns anvertrauten Schüler finden werden!“

Bundesfreund Heinz Albert, Leiter der Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Crimmitschau, hielt das zweite Referat. Er informierte die Amateure über die Besonderheiten der Methodik astronomischer Schülerbeobachtungen:

„Eine Beobachtung vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten bietet dem Amateur absolut keine Schwierigkeit. Aber sie wird doch mit ganz anders gearteten Beweggründen motiviert, als eine Schülerbeobachtung. Jener Amateur bzw. Sternfreund, den das Schauen der Vielgestaltigkeit und Strukturiertheit des gestirnten Himmels immer wieder fesselt (ohne daß er die Absicht hegt, seine Beobachtungsergebnisse einer fachwissenschaftlichen Wertung zu unterziehen oder der Fachwissenschaft zur Weiterverarbeitung zuzuführen), steht mit seinem Vorhaben durchaus nicht auf der gleichen Linie wie der Oberschüler, der zum Beobachtungsabend kommt. Zwar soll die Beobachtung der Naturerscheinungen und -vorgänge beim Schüler keinesfalls ohne Emotionen bleiben; da aber die Zeit sehr knapp ist, muß er innerhalb des einjährigen Lehrgangs Astronomie auch dazu befähigt werden, sowohl die astronomischen Gesetzmäßigkeiten, als auch die grundlegenden Arbeitsmethoden astronomischer Forschung als Bestandteile der Naturgesetze und der naturwissenschaftlichen Forschung kennenzulernen. Daraus erst gewinnt der Heranwachsende das Rüstzeug, naturwissenschaftliche und philosophische Ergebnisse und Aussagen verstehen und beurteilen zu lernen.“

Über Möglichkeiten der zeitlichen Planung sagte Bfr. Albert:

„Selbsttätigkeit, die Selbständigkeit zum Ziele hat, bedeutet aber auch, daß nicht alle obligatorischen Beobachtungsaufgaben notwendigerweise unter

direkter Aufsicht oder im Gruppenverband gelöst werden müssen. Einzelne Aufgaben sind durchaus auch geeignet für eine Einzelbeobachtung. Auch dafür müssen den Schülern – gemeinsam mit dem Lehrer – Arbeitsanleitungen übergeben werden. Es geht darum, daß jeder Schüler zum gewünschten Ergebnis gelangt. Darauf ist beim Erarbeiten der Anleitungen besonders zu achten, Teilschritte, die der Schüler zurückzulegen hat, sind vorzubereiten, und es sind Impulse zu geben, die das Erkennen von Zusammenhängen gewährleisten.

Es ist allerdings auch möglich, eine bestimmte Aufgabe während des Beobachtungsabends mit der Gruppe zu beginnen und den zweiten oder dritten Teil des Auftrages in die Einzelbeobachtung zu verweisen. Diese Einweisung muß dann noch während des Beobachtungsabends geschehen.

Wir empfehlen, zwei Beobachtungsabende durchzuführen: Den ersten etwa im Zeitraum September/Oktober, den zweiten im Zeitraum Januar bis etwa Anfang März.

Für den ersten Beobachtungsabend wäre es angängig, die Aufgaben Nr. 1 (Polarstern und Meridian), Nr. 3 (Schätzung und Messung von Azimut und Höhe) und Nr. 5 (Mondoberfläche und -phase; Fernrohrbeobachtung) durchzuführen, während die Aufgaben Nr. 2 (Herbststernbilder) und Nr. 4 (Messung des scheinbaren Monddurchmessers) vorbereitet werden, die dann durch Einzelbeobachtung, also in selbständiger Arbeit, erledigt werden könnten.

Am zweiten Beobachtungsabend blieben dann für die gemeinsame Arbeit die Nr. 7 (Planetenbeobachtung mit Einsatz des Fernrohres) und Nr. 8 (Schätzung der Helligkeiten und Farben der Einzelsterne des Sternbildes Orion). Hier bin ich der Meinung, daß der erste Teil unbedingt während des gemeinsamen Beobachtungsabends durchgeführt werden sollte, während der zweite und dritte Teil in selbständiger Arbeit durch den Schüler erledigt werden kann. Der erste Teil bezieht sich auf die Helligkeitsschätzung der Einzelsterne, der zweite Teil dagegen verlangt eine Skizze des Sternbildes mit Eintragung der Helligkeitswerte für die Einzelsterne. Der dritte Teil fordert die Einschätzung der Färbung des Sternlichtes. Dann müßten während dieses Beobachtungsabends noch die Aufgaben Nr. 9 und Nr. 10 gemeinsam durchgeführt werden (Nr. 9: Doppelstern Mizar; Nr. 10: Plejaden; beide sind Fernrohrbeobachtungen).

Ich möchte Ihnen eine Begründung für eine solche Aufstellung geben: Durch die Aufgaben Nr. 1 und Nr. 3 (also: Polarstern; Schätzung und Messung von Azimut und Höhe) sowie die Aufgabe Nr. 5 (Mondoberfläche) erreichen wir ja jeweils eine neue Qualität in der Beobachtungstätigkeit mit den Schülern, wozu die Schüler auch notwendig die Unterweisung und Unterstützung des Lehrers brauchen. Mit Aufgabe Nr. 5 tritt die überwiegende Anzahl der Schüler erstmalig in ihrem Leben an ein Fernrohr. Schon aus diesem Grunde wird für diese Aufgabe viel Zeit benötigt. Hinzu kommt, daß der Schüler schon bei seiner ersten Fernrohrbeobachtung mit einem Objekt in Berührung kommt, das auch bei geringem Mondalter eine Vielzahl von Details im Gesichtsfeld zeigt. Hier muß ich dem Schüler genügend Zeit lassen, um sich in das Bild hineinsehen zu können und der Schüler muß sich auch erlauben dürfen, Fragen, die sich aus seiner Beobachtung ergeben, an den Betreuer am Fernrohr zu richten; denn noch einmal wird ihm im Verlaufe der obligatorischen Beobachtungsabende das Vergnügen nicht zuteil, den Mond im Fernrohr zu sehen. Da auch die Aufgaben Nr. 7, 9 und 10 den Einsatz des Fernrohres erfordern, können auch diese nur am Beobachtungsplatz der Schule absolviert werden. Dagegen handelt es sich bei den Aufgaben Nr. 2, 4 und 6 sowie bei der Aufgabe Nr. 8 (2. und 3. Teil) entweder um die Anwendung des bereits Gelernten, auch aus anderen Unterrichtsfächern in Vorjahren, also um eine Weiterführung und Vervollkommnung – spricht: Übung bereits erwor-



Bfr. H. Albert



Bundesfreundin A. Baumgarten



Bfr. Dr. S. Marx

ner Fortigkeiten. Oder es handelt sich um ähnliche Probleme, die im gemeinsamen Beobachtungsprogramm des ersten Abends standen."

Auch am Ende dieses Referats stand ein Appell an die Amateurastronomen, verbunden mit einem sehr persönlichen Bekenntnis:

„Ich habe mir oft gewünscht, erfahrene Helfer bei meiner Arbeit zu haben, denn es ist ein saures Brot, zehn Klassen Unterricht in Astronomie zu erteilen und mit ihnen auch wirklich fleißig beobachten zu wollen. Deshalb darf ich alle hier Versammelten und jene Amateurastronomen, die durch Sie angesprochen werden, bitten: Helfen Sie uns! Ich habe in Beobachtungen mit Schülern einige Erfahrungen gewonnen. Wieviel mehr muß mein Kollege, der noch wenig Erfahrung sammeln konnte, Ihre Hilfe notwendig haben! Es geht um ein hohes Ziel: Die Heranbildung der sozialistischen Persönlichkeit. Um dieses Ziel so bald wie möglich zu erreichen, ist auch unsere gemeinsame Arbeit auf dem Gebiet der astronomischen Schülerbeobachtung notwendig.“

In der sehr lebhaften Diskussion wurden Stellungnahmen sowohl zu den beiden Referaten als auch zu anderen Fragen des Astronomieunterrichts gegeben. Es gab auch kritische Akzente, so z. B. in den Beiträgen von A. Baumgarten, Staßfurt, Dr. S. Marx, Jena, und G. Schmidt, Plauen. Dr. M. Schukowski, Rostock, erläuterte die Möglichkeit, daß Amateurastronomen als Leiter von Schülerarbeitsgemeinschaften tätig sind. Er charakterisierte diese Arbeitsgemeinschaften als planmäßigen Bestandteil der Bildungs- und Erziehungsarbeit auf der Oberstufe; sie sind gegenüber den bisherigen Formen der außerunterrichtlichen Tätigkeit der Schüler eine entscheidend neue Qualität und bilden eine neue Form des fakultativen, differenzierten Unterrichts.

In dem Diskussionsbeitrag von H. Brautschek, Leipzig, kamen Erfahrungen der Fachgruppe Leipzig mit Schülerbeobachtungen im Jahrespraktikum zur Sprache. Brautschek sagte u. a.: „Unser Ziel war und ist, möglichst vielen Schülern unserer Stadt die zum Unterricht gehörenden praktischen astronomischen Beobachtungen zu ermöglichen. Zu den Mitgliedern unserer Fachgruppe zählen auch zwei Astronomielehrer. Es war also eigentlich ganz selbstverständlich, daß diese Bundesfreunde ihre Klassen in unsere Beobachtungsstationen führten. Mit der Zeit



Bfr. H. Brautschek



Dr. M. Schukowski



Bfr. G. Schmidt



Dr. F. Meier



Dr. J. Dorschner

meldeten sich für die ursprünglich öffentlichen Beobachtungen immer mehr Astronomielehrer mit ihren Klassen an, und so entwickelten wir das organisatorische Verfahren, das Bfr. Dr. Lindner in seinem Referat als „Jahrespraktikum“ ausführlich beschrieben hat.

Unser Beobachtungstag ist der Dienstag (in der Volkssternwarte) bzw. der Donnerstag (im Klubhaus des VEB Schwermaschinenbau S. M. Krow). In den ersten Jahren mußten wir feststellen, daß die Schüler auch an klaren Beobachtungstagen in sehr unterschiedlicher Zahl in die Stationen kamen. Besonders die klaren Herbstabende im September und Anfang Oktober nutzten sie meist nicht aus, weil ihnen von den Lehrern die Aufgaben entweder erst im weiteren Verlaufe des Schuljahres gegeben wurden oder weil sie glaubten, bis zum Ende des Schuljahres noch viel Zeit zu haben. Kam dann eine längere Schlechtwetterperiode, so waren die Stationen am ersten darauffolgenden klaren Beobachtungabend überfüllt und wir konnten nicht für einen ordnungsgemäßen Arbeitsablauf garantieren. Gerade bei Überfüllung lockerte sich dann auch die Disziplin ganz erheblich. Wir haben diesen Mangel beseitigt, indem die angemeldeten Klassen bestimmte Zeitspannen vorgeschrieben bekamen, in denen sie ihre Praktikumsbeobachtungen erledigen mußten. Waren beispielsweise 10 Klassen angemeldet, dann teilten wir ihnen einen Plan mit, in dem es z. B. hieß: Die Klassen 1 bis 5 arbeiten in der Zeit vom 10. 9. bis zum 20. 12., die Klassen 6 bis 10. in der Zeit vom 4. 1. bis zum 30. 4. Damit sicherten wir uns eine gleichmäßigere Verteilung über das ganze Schuljahr. Außerdem gaben wir den Astronomielehrern die Empfehlung, ihre Klassen regelmäßig, am besten in jeder Astronomiestunde, an die Praktikumsbeobachtungen zu erinnern, damit am Schuljahresanfang keine klaren Beobachtungsbände verbummelt werden konnten.

Es hat sich überhaupt gezeigt, daß es Sache der Lehrer ist, die Schüler an ihre Pflichten zu erinnern. Das betrifft auch das Benehmen in der Sternwarte. Jene Klassen, deren Lehrer ihnen ernsthaft klarmachten, daß sie Gäste in einer Einrichtung des Deutschen Kulturbundes sind und daß sie die Freizeit der ehrenamtlichen Betreuer in Anspruch nehmen, zeigten eine tadellose Arbeitsdisziplin und kamen pünktlich zur Beobachtung. Ich meine, daß das eine wesentliche Seite unserer Zusammenarbeit ist; in dieser Hinsicht haben wir gewisse Forderungen an die Astronomielehrer zu stellen.

Dr. F. Meier, Berlin (Ministerium für Volksbildung), sagte die Unterstützung seines Ministeriums für die angestrebte Zusammenarbeit der Amateure- und Schulastronomen zu. Die Kreisschulräte werden über die Bereitschaft der Fachgruppen informiert. Im 1. Halbjahr 1971 sollten Beratungen zwischen den Fachgruppen und den zuständigen Organen der Volksbildung stattfinden.

Die Bereitschaft beider Seiten, in die angestrebte Zusammenarbeit viel guten Willen und notfalls auch materielle Unterstützung einfließen zu lassen, forderte der Sekretär der Zentralen Kommission Natur und Heimat des Deutschen Kulturbundes, Bfr. H. Bänninger, Berlin. Das zu errichtende



Bfr. H. Bänninger (links) neben Bfr. Dr. P. Ahnert (stehend).

System von Schulsternwarten sollte von beiden Partnern gemeinsam geplant und genutzt werden. Am zweiten Beratungstag fand der Vortrag von Dr. Johannes Dorschner, Universitätssternwarte Jena, zum Thema „Aufbau und Geschichte des Universums im Lichte der modernen Kosmogonie“ großes Interesse und viel Beifall. Die Möglichkeit, außerhalb des eigentlichen Tagungsanliegens eine fachwissenschaftliche Information von beeindruckender Aktualität erhalten zu können, wurde von allen Teilnehmern der Beratung dankbar begrüßt. Große Anerkennung muß auch der Tagungsorganisation gezollt werden, die für einen reibungslosen Ablauf und einen alle Ansprüche befriedigenden äußeren Rahmen gesorgt hatte. Die Arbeitstagung zur Unterstützung des Astroномieunterrichts stellt einen beachtlichen Fortschritt in der Arbeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie dar. Sicher wird sie in allen Fachgruppen die notwendige Resonanz finden. Über die Auswertung und die nächsten Schritte auf dem Wege zu einer optimalen Zusammenarbeit zwischen Amateur- und Schulastronomie werden wir weiterhin berichten.

Aus der Literatur

Ältester verlorengegangener Planetoid wiedergefunden

Planetoiden sind nach ihren Beobachtungen in Katalogen erfaßt. Von einer ganzen Anzahl Kleiner Planeten hat man nur wenige Beobachtungen. Die Objekte wurden später nicht wiedergefunden, da eventuell keine genügend exakte Bahnbestimmung aus den ersten Beobachtungen möglich war.

So erging es auch dem Planetoiden 155 Scylla, den Johann Palisa am 8. November 1875 entdeckte. Außer der Entdeckungsbeobachtung lagen nur noch Daten vom 9. 11. 1875 und vom 22. und 23. 11. 1875 vor. Es wurde zwar eine Bahn gerechnet, aber 155 Scylla wurde nach dem November 1875 nicht wieder gefunden und galt als der älteste verlorengegangene Planetoid. Je weiter der Zeitraum der Erstbeobachtung zurückliegt, um so unwahrscheinlich wird ein Wiederfinden, da vorhandene Störungen sich immer mehr auswirken.

Im Falle von 155 Scylla gelang es dem „Minor Planet Center in Cincinnati, USA“, zu berechnen, daß die Planetoiden mit den vorläufigen Bezeichnungen

1907 AP, 1930 UN, 1934 RC, 1939 TK, 1950 FL und 1950 FN

alle identisch sind mit 155 Scylla, den man damit als gesichert betrachten und nun exakte Ephemeridenrechnungen durchführen kann.

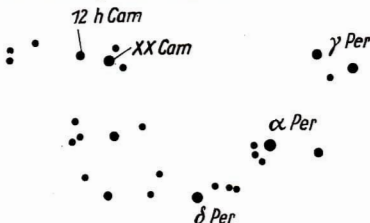
Durch die Sicherung von 155 Scylla ist der Planetoid 330 Adalberta, den der bekannte Astronom Max Wolf am 18. März 1892 entdeckte und von dem es nur 2 Beobachtungen überhaupt gibt, der älteste verlorengegangene Kleine Planet.

Nach: Sterne und Weltraum, Jahrgang 9 (1970), S. 320

Der Veränderliche XX Camelopardalis

XX Camelopardalis (XX Cam) (XX Cam hat die BD Nummer BD + 52° 771) ist ein interessanter Veränderlicher, der von seiner scheinbaren Helligkeit her für die Beobachtung durch Amateure mit kleineren Instrumenten durchaus geeignet ist. Seine scheinbare Helligkeit beträgt im „Normalfall“ 7,1 Größenklassen. Im Minimum wurde er mit einer um 1,7 Größenklassen schwächeren Helligkeit gefunden. Seine bisherige Geschichte verlangt eine Überwachung durch möglichst viele Beobachter.

Von XX Cam (Koordinaten: Rektaszension 1950 = 4^h 04^m 46^s, Deklination 1950 = +53° 13' 44") wurde über 94 Tage, vom 17. November 1939 bis 20. Februar 1940, ein Minimum beobachtet, in dem der Stern 1,7 Größenklassen unter seiner Normalhelligkeit lag. Die Lichtkurve nahm einen symmetrischen Verlauf, wie man ihn im allgemeinen bei Bedeckungsveränderlichen kennt. Dieses Minimum ist das einzige, das bis heute bekannt ist. XX Cam befindet sich wohl in keinem großen Beobachterprogramm Veränderlicher-Beobachtergruppen; seine regelmäßige, umfangreiche Überwachung ist also wünschenswert.



1948 meldeten Mitarbeiter des Yerkes Observatoriums (USA), daß XX Cam ein anormales Spektrum zeigt, das in vielen Einzelheiten denen der R-Corone-Borealis-Sternen ähnelt. Die wesentlichen Merkmale der Spektren dieser Veränderlichengruppe sind starke und zahlreiche Kohlenstoff- und Heliumlinien, schwache Wasserstofflinien der Balmerreihe, klare Linien des CN-Moleküls.

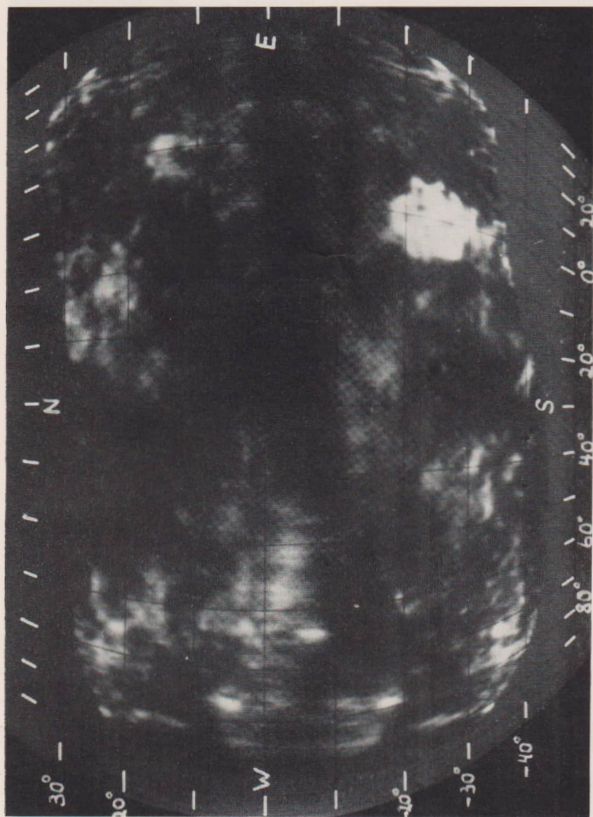
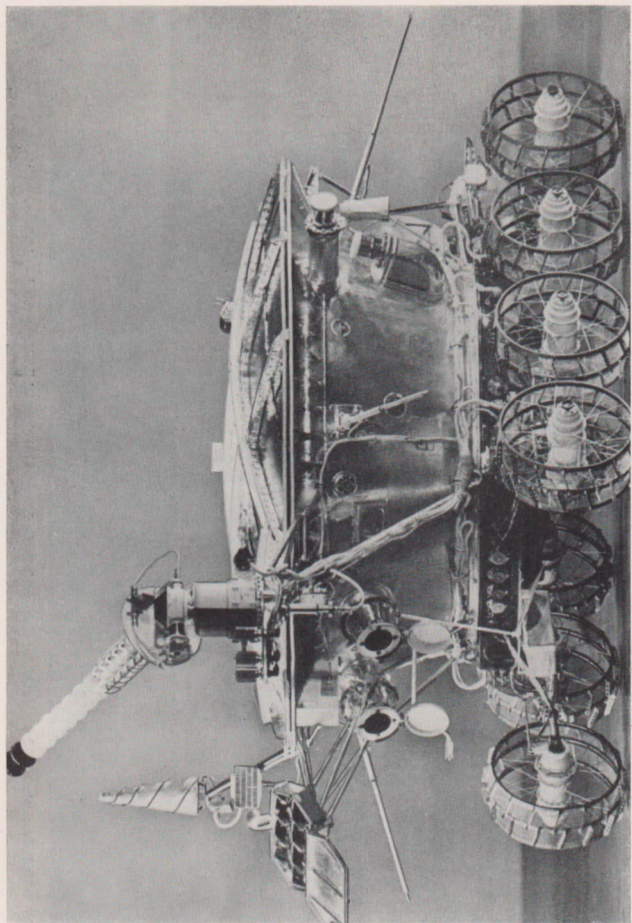
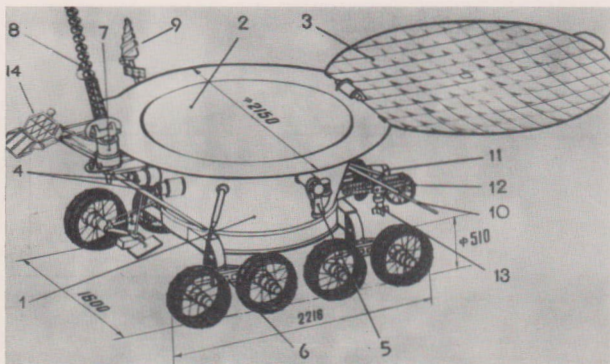


Abb. 2: Radarkarte eines Teils der Venusoberfläche nach Beobachtungen bei einer Wellenlänge von $\lambda = 12,5$ cm.





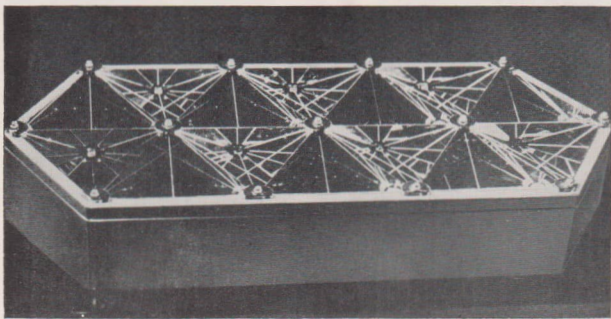
Konstruktion von Lunochod 1:

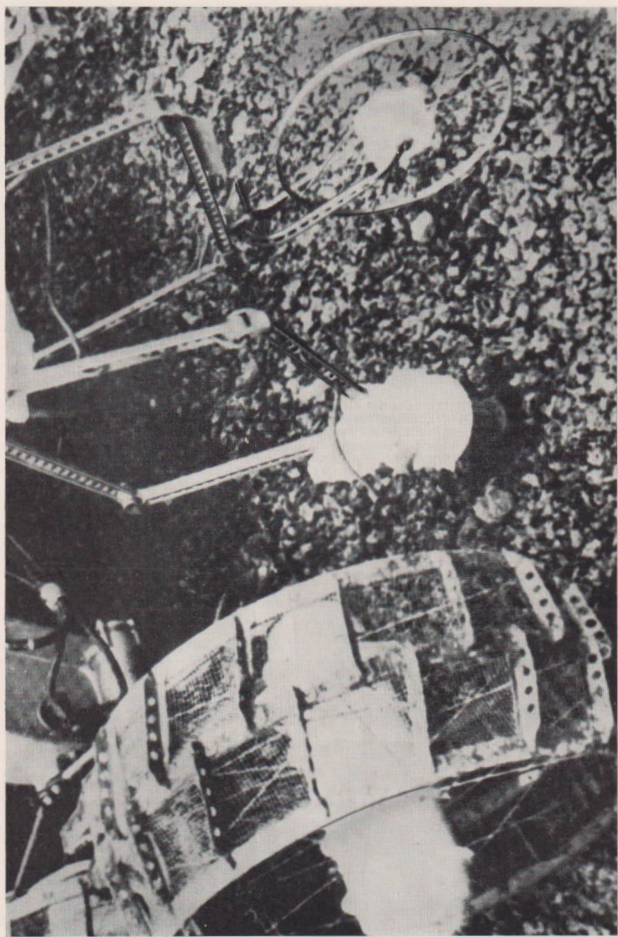
- 1 = Hermetisch abgeschlossener Behälter für die Meßinstrumente und die Versorgungssysteme (Gerätesektion);
 2 = Wärmeabstrahlungsfläche des Temperaturregelungssystems; 3 = Fläche mit Solarzellen;
 4 = Objektive der Orientierungsternsehkameras; 5 = Telefotometer für die Panoramabilder; 6 = Rahmen; 7 = Steuerungsanlage für die Ausrichtung der Antenne;
 8 = Richtantenne; 9 = Antenne mit mittlerer Richtcharakteristik; 10 = Antenne mit Rundstrahlcharakteristik;
 11 = Isotopenbatterie; 12 = Kleines Rad (9. Rad) für die Messung der zurückgelegten Strecke; 13 = Bohrer-ähnliches Gerät zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Mondbodens; 14 = Reflektor für Laserstrahlung.

Mondmobil Lunochod 1 – Zum Beitrag S. 50

Foto nächste S.: Das 9. Rad von Lunochod 1, das die auf dem Mond jeweils zurückgelegte Strecke mißt. Links daneben das bohrerähnliche Gerät zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Mondbodens. Am linken Bildrand eines der acht Fortbewegungsräder.

Unten: Der von französischen Wissenschaftlern entwickelte Laserreflektor von Lunochod 1.





In ihrem Lichtwechsel zeichnen sich R-Coronae-Borealis-Sterne dadurch aus, daß sie oft über Jahre hin mit ihrer Normalhelligkeit leuchten, gewissermaßen inaktiv sind, und dann plötzlich und unvorhersagbar in ein tiefes, meist unregelmäßig verlaufendes Minimum fallen.

Zusammenfassend kann über XX Cam gesagt werden:

Nach dem Spektrum handelt es sich um einen R-Coronae-Borealis-Stern.

Es ist erst ein Minimum bekannt, das einen symmetrischen Verlauf zeigte, wie er im allgemeinen für die R-Coronae-Borealis-Sterne nicht üblich ist.

Zahlreiche weitere Beobachtungen dieses interessanten Veränderlichen werden helfen, seine Natur und seinen Typ genau zu bestimmen. Zur Erleichterung des Auffindens kann die mitgeteilte Umgebungskarte dienen.

Nach: Orion 119, S. 113, August 1970.

Der Veränderliche CV-Serpentis stellte seinen Lichtwechsel ein

CV-Serpentis hat eine scheinbare Helligkeit von 9,86 Größenklassen im B-Bereich des UVB-Systems. 1949 fand Gaposchkin, daß es sich hier um einen Bedeckungsveränderlichen handelt, der ein primäres Helligkeitsminimum von 0,15 Größenklassen und ein sekundäres Helligkeitsminimum von 0,10 Größenklassen hat. Beobachtungen von Hjellming und Hiltner aus dem Jahr 1962 zeigten ein primäres Minimum von 0,55 Größenklassen. Bedauerlicherweise liegen aus diesem Zeitraum keine Daten über ein sekundäres Minimum vor. Die Periode der Helligkeitsschwankungen und damit auch die Umlaufperiode des Systems ergab sich aus den Beobachtungen zu 29,640 Tagen.

Aus anderen Beobachtungen des Sternes wußte man, daß eine Komponente dieses spektroskopischen Doppelsternes ein Wolf-Rayet-Stern ist. 1968/69 wurden mit dem 36-inch-Crossley-Reflektor und zum Teil auch mit dem 120-inch-Spiegel neue spektroskopische Beobachtungen von CV-Serpentis angestellt mit dem Ziel, die Lichtkurve sowohl aus der Kontinuumsstrahlung als auch aus der Strahlung einzelner Emissionslinien zu bestimmen, um dadurch Aussagen über die Schichtung der Atmosphäre des Wolf-Rayet-Sternes zu bekommen. Bei diesen erneuten Beobachtungen wurde derselbe Vergleichssterne (HD 168639) benutzt, den auch Hjellming und Hiltner verwendet hatten.

Die Auswertung der Beobachtungen ergab ein vollkommen unerwartetes Ergebnis:

Der Stern CV-Serpentis zeigte keinen Lichtwechsel mehr!

Das gleiche Resultat ergaben photometrische Beobachtungen im UVB-System von Stepien und Astronomen des Lick-Observatoriums.

Was kann nun die Ursache des Einstellens des Lichtwechsels sein?

Es wäre denkbar, daß sich die Bahnneigung des Doppelsternsystems so geändert hat, daß es zu keiner Bedeckung mehr kommt. Da dies aber innerhalb von nur 5 Jahren geschehen sein müßte, würde der Körper, der diese Störung hervorgerufen hätte, eine sehr große Masse besitzen müssen. Ein derart massereicher Körper wäre aber der Beobachtung nicht entgangen, so daß diese Möglichkeit wohl ausscheidet.

Wolf-Rayet-Sterne (eine Komponente des Systems ist ja ein solcher) sind sehr heiße Sterne mit einer effektiven Temperatur von etwa 80000 °K. Sie sind von einer Gashülle umgeben, in der die Emissionslinien entstehen. Diese Hülle, deren Materie dem Stern entströmt, expandiert, und es scheint, als gäben die Wolf-Rayet-Sterne kontinuierlich Masse an den interstellaren Raum ab.

Wenn man nun annimmt, daß die beobachtete Helligkeitsschwankung durch die Bedeckung der Hülle entstanden ist, würde der Lichtwechsel verschwinden, wenn

- a) die Hülle vollkommen aus dem System in den interstellaren Raum entweicht, oder
- b) die Hülle infolge ihrer Expansion nicht nur den eigentlichen Wolf-Rayet-Stern, sondern beide Sterne des Systems umschließt.

Inwieweit diese Überlegungen richtig sind, muß durch weitere spektroskopische Beobachtungen überprüft werden. Nun besteht aber durchaus die Möglichkeit, daß der Wolf-Rayet-Stern eine neue Hülle entwickelt, und das System dadurch wieder einen Lichtwechsel zeigt. Daraus folgt, daß es nicht nur nötig ist, den Stern spektroskopisch zu beobachten, sondern auch photometrisch zu überwachen, um eventuell wiederauftretende Helligkeitsänderungen schnell zu erkennen.

Da es sich um einen Stern von etwa der 10. Größenklasse handelt, kann er auch von Amateuren beobachtet und überwacht werden.

Nach: Astrophysical Journal, Letters, Volume 160, L 185, 1970.

Sm.

Spica als Doppelstern

Seit 1963 werden in Australien am Narrabri Observatory interferometrische Beobachtungen angestellt zur Messung der Winkeldurchmesser von hellen Sternen.

Auf der IAU-Tagung 1970 in Brighton berichtete R. Hanbury Brown über die Beobachtungen des bekannten Sternes Spica im Sternbild der Jungfrau. Spica ist als spektroskopischer Doppelstern mit einer Periode von 4,014 Tagen bekannt. Er wurde mit dem Interferometer in Australien 100 Stunden beobachtet.

Die Beobachtungsergebnisse wurden von einem Computer mit theoretischen Modellen verglichen. Das erhaltene Resultat besagt, daß die hellere Komponente einen Winkeldurchmesser von 0,00087 Bogensekunden und die große Halbachse des Systems eine Winkelausdehnung von 0,00154 Bogensekunden hat.

In Zusammenhang mit der bekannten Entfernung von Spica (275 Lichtjahre) erhält man für die hellere Komponente einen Durchmesser von 8,1 Sonnendurchmesser bei 10,9facher Sonnenmasse. Die Sekundärkomponente hat die 6,8fache Sonnenmasse.

Sm.

Nach: Sky and Telescope, Volume 40, 1970, S. 355.

Zwei PIONEER-Sonden zum Jupiter

Zwei untereinander völlig identische Raumsonden mit den Bezeichnungen PIONEER G und F beabsichtigt die NASA 1972 zum Jupiter zu senden. Neben einer Vielzahl von Messungen im interplanetaren Raum während ihres rund zweijährigen Fluges zu dem Planeten (z. B. Untersuchung möglicher Gefahren für Raumschiffe beim Durchfliegen des Asteroidengürtels, Messung der in das Sonnensystem eindringenden galaktischen Strahlen), besteht die Hauptaufgabe der Sonden darin, während der Annäherung an den Planeten bis auf 160 000 km etwa 100 Stunden lang Aufnahmen vom Jupiter zu machen. Diesem Zweck dient u. a. ein Photopolarimeter, mit dem die Planetenoberfläche im roten und blauen Spektralbereich streifenweise abgetastet wird, so daß sich in einer Stunde ein Gesamtbild ergibt.

PIONEER F und G haben eine Masse von je 250 kg bei 27,2 kg wissenschaftlicher Instrumentierungen, die für insgesamt 13 Experimente bestimmt sind. Die Stromversorgung erfolgt durch je vier Radionuklid-Batterien vom Typ SNAP 19, die 120 W Gesamtleistung liefern. Der Funkverbinding mit der Erde dient eine 3 m-Parabolantenne, die ständig zur Erde gerichtet ist. Die Stabilisierung der Sonden erfolgt durch eine Rotation in der Erdbahnebene mit 5 UpM.

Der Start von PIONEER F ist für Ende Februar oder Anfang März 1972 vorgesehen, der von PIONEER G für April 1972. Die Flugzeiten der Sonden liegen bei 600–900 Tagen. Als Träger werden Atlas-Centaur-Raketen mit einer Feststoff-Drittstufe der Typenbezeichnung TE 364–4 verwendet. Die rund 39 m hohe Startrakete muß die Sonde auf 52 130 km/h, entsprechend 14 395 m/s beschleunigen.

H. D. N.

Nach: Weltraumfahrt-Raketentechnik, 21 (1970) 6, S. 176–177.

Satellitenfunkverbindungen auf Millimeterwellen

Im Gegensatz zu dem bisherigen Erkenntnisstand, daß Funkwellen mit Frequenzen über 10 GHz für den Weltfunkverkehr wegen der hohen atmosphärischen Dämpfung nicht geeignet sind, haben Übertragungsversuche mit den amerikanischen Satelliten ATS 5 überraschend positive Ergebnisse erbracht.

Mit diesem Satelliten wurden Funkverbindungen Erde–Satellit auf 31,65 GHz und Satellit–Erde auf 15,3 GHz durchgeführt. Eine totale Unterbrechung der Kontakte konnte dabei nur bei starkem Regen registriert werden. Schneefall und Nebel führten lediglich zu Dämpfungsanstiegen, die durch eine Leistungsreserve im Satelliten ausgeglichen werden konnten.

Für die Versuche wurden 19 Bodenstationen eingesetzt, die infolge der hohen Frequenzen mit relativ kleinen Parabolantennen von 4 m (für 31 GHz) bzw. 12 m (für 15 GHz) Durchmesser auskamen. Dabei war es bei Unterbrechung der Funkkontakte zu einer Bodenstation infolge starken Regens in den meisten Fällen möglich, auch für diese Zeit die Funkkontakte über andere Stationen entsprechender territorialer Lage aufrechtzuerhalten.

Sollten sich diese Ergebnisse weiterhin bestätigen, stehen in diesen Bereichen u. U. weitere Kanäle für den Satellitenfunk zur Verfügung, die sehr breitbandige Übertragungen ermöglichen und die bisher benutzten und überlasteten Bereiche wesentlich entlasten könnten.

H. D. N.

Nach: Funkschau, 42 (1970), H. 24, S. 850.

Mondmobil Lunochod 1

Lunochod 1 – am 17. November 1970 von der automatischen Station Luna 17 auf die Oberfläche des natürlichen Erdsatelliten abgesetzt – ist das erste fahrbare automatische Laboratorium in der Geschichte der Raumfahrt, mit dem die Besonderheiten in der Struktur der Mondoberfläche, des mondnahen Raumes sowie entfernterer kosmischer Objekte komplex erforscht werden.

Besonderheiten der Mondoberfläche

Erstmalig wurde mit Hilfe eines kosmischen Apparates nicht nur der Landeort, sondern wurden auch weitere Gebiete der Mondoberfläche untersucht.

Gleichzeitig mit der Untersuchung der topographischen und geomorphologischen Besonderheiten des Geländes wurden auch die chemische Zusammensetzung sowie die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Mondbodens ermittelt.

Man gelangte dabei zu interessanten Ergebnissen hinsichtlich der Strahlungsverhältnisse auf der Flugstrecke zum Mond, im mondnahen Raum sowie auf der Mondoberfläche. Mittels eines Röntgenteleskops wurden die Intensität und Winkelverteilung der kosmischen Röntgenstrahlung sowie der Röntgenstrahlung einzelner Quellen gemessen. Die Experimente der Laserortung mit einem französischen auf Lunochod montierten Winkelreflektor verliefen erfolgreich.

Die topographische Erkundung des Geländes erfolgte durch Aufnahmen der Mondlandschaft, wozu auch Fernsehpanoramaaufnahmen und Einzelaufnahmen sowie die Ermittlung von Maßwerten über die Länge des zurückgelegten Weges, über Krängung und Trimmlage sowie Kursmessungen von Lunochod während der Fahrt gehörten. Durch Auswertung dieser Maßwerte werden topographische Schemata der Fahrstrecke von Lunochod, Karten der einzelnen topographisch und geologisch besonders interessanten Geländeabschnitte angefertigt, und eine Beschreibung der erforschten Gebiete wird möglich. Derartige Angaben werden gebraucht, um eine Vorstellung von der geometrischen Struktur der Mondoberfläche zu erhalten, die Anzahl bestimmter Formationen auf dem Gelände sta-

tistisch auszuwerten, ihre Abmessungen, Formen und Anordnung zu bestimmen, die Bedingungen der Geländeorientierung und Geländegängigkeit einzuschätzen, die Koordinaten der einzelnen Punkte zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Kennwerte des Mondbodens festzulegen, die Fahrtrichtungen für eine gefahrlose Fortbewegung auszuwählen sowie die Exaktheit der Navigation einzuschätzen.

Im Laufe der ersten drei Mondtage erfolgte während der Fahrt die topographische Aufnahme eines über 3600 Meter langen und bis zu 150 Meter breiten Streifens. Das Ergebnis der operativen Bearbeitung des Aufnahmемaterials ist ein topographisches Schema. Es enthält auch Fragmente des Streckenprofils, zeigt Einzelheiten der Mondoberfläche, soweit diese im Blickfeld der Fernsehkameras lagen. Stereoskopische Panoramaaufnahmen ermöglichen es, die Beschaffenheit mehrerer Krater zu erforschen.

Im Landegebiet von Lunochod 1 stellt die Mondoberfläche eine Ebene dar, die allmählich nach Süden hin ansteigt. Das Gefälle des Geländes außerhalb der Krater ist unbedeutend und erreicht nur selten einige Grad. In der Nähe der Krater und an deren Hängen wurden bei Lunochod eine Krängung und eine Trimmelage bis zu 20 Grad und mehr festgestellt. Krater, Vertiefungen und Steine unterschiedlicher Größe sind die am häufigsten auftretenden Oberflächenelemente. Kleine Steine finden sich überall, größere dagegen in der Nähe von Kratern.

Obwohl die Oberfläche im allgemeinen homogen ist, wurden auf der von Lunochod zurückgelegten Strecke geringfügige Strukturvarianten der einzelnen Abschnitte festgestellt.

Die geologische und morphologische Beschreibung des Gebiets erfolgt an Hand von zahlreichen Panoramaaufnahmen und topographischen Kennwerten des Geländes, von Angaben über Varianten, von Angaben über Varianten der physikalisch-mechanischen und chemischen Eigenschaften des Mondbodens sowie der Fahrzeuglage während der Fahrt. Der Vergleich aller gewonnenen Angaben erfordert weitere Bearbeitung.

Auf Grund einer Analyse der Fernsehpanoramaaufnahmen wurden vorläufig geologisch-morphologische Schemata der Parkgelände von Lunochod 1 aufgestellt und einige Schlüsse über die Besonderheiten des Forschungsgebiets gezogen.

Nach der allgemeinen Morphologie, der Art der lockeren Oberflächenschicht und der Verteilung von Kratern und Steinen kommt das erforschte Gebiet im Regenmeer der früher erforschten Gebieten der Meere in der Äquatorialzone des Mondes nahe. Das weist auf gemeinsame Gesetzmäßigkeiten bei der Bildung und Evolution der Mondoberfläche in einem großen Bereich der Mondmeere hin.

Es erfolgte eine vorläufige Analyse, wie weit Krater mit Abmessungen von einem bis zu dreißig Metern, die unterschiedlichen morphologischen Klassen angehören, relativ verbreitet sind. Dabei wurde festgestellt, daß unter den kleinen Kratern solche mit ausgeprägten Formen überwiegen, während die Anzahl neuer, steiniger Krater mit deutlich abgezeichneten Formen des Reliefs überaus gering ist. Dies zeigt, daß der Vorgang der Kraterbildung zeitlich sehr weit ausgedehnt ist und daß sich die Kraterkonturen mit zunehmendem Alter abschwächen. Die meisten dieser Krater sind durch Einschläge und Explosionen entstanden. Die Tatsache, daß die Steine zum größten Teil an der Oberfläche liegen, hängt damit zusammen, daß sie aus den Kratern herausgeworfen wurden. Ein Vergleich der Steinformen in den Auswurfbereichen zeigt, daß die Steine mit der Zeit abgerundet und geglättet werden.

Die allgemeine Struktur der Oberfläche des Mondmeeres im erforschten Gebiet ist typisch für die meisten Mondmeere: Es sind gewaltige Ergüsse von Basaltlava, die von einer lockeren Schicht Regolith bedeckt ist, das Zerkleinerungsprodukt von Felsgesteinen durch verschiedene selenologische Prozesse.

Untersuchungen des Mondbodens mit mehreren Methoden

Eine Expressanalyse der chemischen Zusammensetzung des Mondbodens auf der Fahrstrecke von Lunochod erfolgt mit dem Spektrometer „Rifma“. Ein an Bord von Lunochod montiertes Isotopengerät bestrahlt den zu untersuchenden Abschnitt und löst als Antwort eine Röntgenstrahlung der Atome der verschiedenen Elemente aus, aus denen der Mondboden besteht. Als Empfänger der Röntgenquanten verwendet man ein System eigens dafür entwickelter, besonders mit Filtern ausgestatteter Proportionalzähler. Die Werte des Energiespektrums und der Intensität der Röntgenstrahlung werden mit einem 64-Kanal-Amplitudenanalysator aufgezeichnet.

Im Laufe der ersten drei Mondtage wurden die chemische Zusammensetzung an 14 verschiedenen Stellen der Fahrstrecke von Lunochod ermittelt. Eine vorläufige Auswertung der Spektrogramme ermöglichte es, den Gehalt des Mondgesteins an Aluminium, Kalzium, Silizium, Eisen, Magnesium, Titan und anderen Elementen zu bestimmen. Die gewonnenen Angaben bestätigen die allgemeine Vorstellung über den Ursprung von Regolith aus Basaltgesteinen und gestatten es, Varianten der chemischen Zusammensetzung, je nach den morphologischen Besonderheiten des zu untersuchenden Bereichs, festzustellen.

Die Untersuchung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Mondgesteins erfolgte mit mehreren Methoden. Die erste Methode besteht darin, daß mit Hilfe eines Spezialantriebs ein kegelförmiges, mit Schaufeln versehenes bohrerähnliches Gerät in den Boden eingeführt und anschließend gedreht wurde. Dies erfolgte regelmäßig alle 15 bis 30 Meter auf der Fahrstrecke von Lunochod sowie bei der Untersuchung einzelner Elemente des Mondreliefs (Krater, Hänge, Seigne). In der zurückliegenden Zeit erfolgten etwa 200 Messungen der Bodeneigenschaften in seiner natürlichen Lagerung. Eine andere Methode gestattete es, Werte über den Mondboden entlang der gesamten Fahrstrecke von Lunochod zu erhalten, indem die Parameter des Zusammenwirkens der Räder mit dem Boden ständig gemessen wurden.

Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften wurden auch an Hand von Abbildungen der Radschienen von Lunochod auf Fernsehpanoramaaufnahmen erforscht. An Hand dessen, wie tief die Räder einsanken, nach der Art der Bodendeformation unter den Rädern bei geradliniger Bewegung und bei Kurven wurden die Festigkeitseigenschaften des Mondbodens und seine Struktur eingeschätzt. Die Messungen ermöglichten es, eine vollständige und vielfältige Information über die Festigkeit des Mondbodens auf der gesamten vom automatischen Apparat zurückgelegten Strecke zu erhalten.

Die Auswertung der Angaben zeigte, daß der Mondboden auf der Fahrstrecke eine aus kleinen Körnern bestehende Substanz darstellt, die an staubförmigen vulkanischen Sand erinnert.

An den Meßstellen wies die lockere Schicht des Mondbodens eine Stärke von mindestens 6 bis 8 Zentimetern auf, wobei die oberste Bodenschicht von ein bis zwei Zentimetern eine lockere Struktur aufweist und eine geringere Tragfähigkeit hat.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die mechanischen Eigenschaften des Mondbodens auf der Fahrstrecke verschieden sind. An den Meßstellen schwankte die Tragfähigkeit zwischen 0,2 und 1,1 Kilogramm je Quadrat-zentimeter, während die Scherfestigkeit 0,02 bis 0,09 Kilogramm je Quadratzentimeter betrug. Bei mehrfach wiederholter Einführung des Bohrerstößes war häufig eine gute Verfestigung der oberen Schicht zu beobachten, und ihre Tragfähigkeit nahm wesentlich zu.

Umfangreiche Messungen der Strahlungsverhältnisse

Wie bereits gesagt, sah das wissenschaftliche Programm von Lunochod 1 auch einen ersten Versuch vor, den Mond für die Erforschung weit entfernter Gebiete des Weltalls mit Hilfe eines Röntgenteleskops zu nutzen. Die kosmische Röntgenstrahlung enthält auch die Strahlung einzelner Quellen sowie des diffusen Hintergrundes des Weltraums. Die meisten Quellen liegen in unserer Galaxis in einem relativ schmalen Streifen (in der Milchstraße). Ein kleiner Teil der Quellen jedoch, die in der Regel sehr schwach sind, liegen außerhalb der galaktischen Ebene. Der diffuse Hintergrund ist isotrop, d. h. gelangt gleichermaßen aus allen Richtungen zu uns. Deshalb ist man der Meinung, er sei außergalaktischen Ursprungs. Bisher bleibt jedoch ungeklärt, ob sich der diffuse Hintergrund in entfernten Galaxien oder im intergalaktischen Raum bildet. In den letzten Jahren findet die außergalaktische Röntgenstrahlung bei den Astrophysikern immer mehr Beachtung.

Wesentlich ist, daß der Mond keine Strahlungsgürtel hat, die dagegen für Beobachtungen der Röntgenstrahlung auf erdnahen Umlaufbahnen beträchtliche Hindernisse darstellen. Auf der Mondoberfläche wird die radioaktive Strahlung im wesentlichen durch die kosmische Strahlung bestimmt, deren Strom relativ gering ist. Außerdem gestalten es Beobachtungen von der Mondoberfläche aus, schwache Signale einer Röntgenquelle lange Zeit zu speichern, was bei Forschungen von Sputniks und interplanetaren Stationen aus nicht möglich ist. Somit können jetzt selbst mit Hilfe eines kleinen Teleskops sehr schwache Quellen beobachtet werden.

Demnach darf man die Beförderung eines Röntgenteleskops auf den Mond mit Recht als eine neue Etappe in der Entwicklung der außeratmosphärischen Astronomie betrachten.

Die wichtigsten Teile des Teleskops bilden zwei Proportionalzähler für Röntgenquanten im Energiebereich von 2 bis 10000 Elektronenvolt (Wellenlänge ~ 1 bis 6 Angström). Vor den Zählern sind Kollimatoren montiert, die das Blickfeld jedes Zählers auf einen Kegel mit einem Öffnungswinkel von etwa 3,5 Grad begrenzen. Die Achsen der Zähler sind bei horizontaler Lage von Lunochod auf den örtlichen Zenit gerichtet. Vor dem Eingangsfenster eines der Zähler befindet sich ein für die Röntgenstrahlung des zu untersuchenden Bereiches undurchlässiger Filter. Somit registriert der eine Zähler die kosmische Röntgenstrahlung zusammen mit dem Hintergrund kosmischer Teilchen, der zweite Zähler dagegen registriert nur den Teilchenhintergrund und dient der Kontrolle. Beobachtungen der Röntgenstrahlung erfolgen in der Zeit zwischen den Funkverbindungen während Haltephasen. Innerhalb von 18 bis 20 Stunden dreht sich das Teleskop um 9 bis 10 Grad weiter.

Die Messungsergebnisse des diffusen Röntgenhintergrunds stimmen gut mit den bisher ermittelten Werten überein. Der Beitrag der Galaxis zum diffusen Hintergrund ist äußerst gering. Eine vorläufige Auswertung der Ergebnisse zeigt, daß man diskrete Röntgenquellen beobachtet hat, die außerhalb der Ebene der Galaxis liegen. Darunter sind zwei offensichtlich relativ starke Quellen.

Auf Lunochod 1 wurde auch eine radiometrische Apparatur montiert, die dazu bestimmt ist, die verschiedenen Besonderheiten der Ströme der Solarstrahlung und der galaktischen kosmischen Strahlung zu messen (Zusammensetzung der geladenen Teilchen, ihr Energiespektrum, ihre Winkelverteilung u. a.) und die Strahlungsverhältnisse während des Fluges der Station Luna 17 zum Mond und während der Arbeit von Lunochod zu kontrollieren.

Hier ist hervorzuheben, daß das Radiometer von Lunochod Messungen der Korpuskularströme der kosmischen Strahlung hauptsächlich in den Energiebereichen vornimmt, die für die Forschung von der Erde aus wegen der abschirmenden Wirkung der Erdatmosphäre unzugänglich sind.

Von Beginn des Fluges der Station Luna 17 an und im Laufe der zurückliegenden Arbeitsabschnitte von Lunochod registrierte das Radiometer wiederholt eine wesentliche Zunahme der Ströme von Protonen, Elektronen und Heliumkernen im Vergleich zu den Werten der Hintergrundströme dieser Teilchen im interplanetaren Raum. Diese Angaben stimmen gut mit den Ergebnissen gleichzeitig erfolgter Messungen, die mit der gleichen Apparatur von der automatischen interplanetaren Station Venus 7 vorgenommen wurden, und mit Beobachtungen der Sonnenaktivität von Bodenstationen überein. Insbesondere wurde ab 12. Dezember 1970 eine bedeutende (den Hintergrund um etwa das 10000fache übertreffende) und anhaltende Zunahme der Intensität der solaren Korpuskularströme sowie eine Abnahme der Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung, die am 14. Dezember einsetzte, beobachtet. Auf der Erde wurde zur gleichen Zeit ein starker magnetischer Sturm beobachtet. Diese Erscheinungen wurden von einer Reihe starker Sonneneruptionen am 10. und 11. Dezember ausgelöst.

Interessant ist, daß nach der Landung von Luna 17 auf der Mondoberfläche die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung um etwa fünfzig Prozent im Vergleich zu dem während des Fluges registrierten Stand abnahm. Das zeugt davon, daß das Radiometer durch den Mondkörper vor dem isotropen Strom der galaktischen kosmischen Strahlung abgeschirmt wird, und bestätigt die Schlußfolgerungen über die geringe Radioaktivität der Mondoberfläche, die man vorher nach den Flügen der automatischen Station Luna gezogen hatte.

Laserortung mit Spezial-Lichtreflektor

Ein wichtiges wissenschaftliches Experiment im Arbeitsprogramm von Lunochod 1 war die gemeinsam von sowjetischen und französischen Wissenschaftlern vorgenommene Laserortung des auf Lunochod montierten, in Frankreich entwickelten und hergestellten Spezial-Lichtreflektors. Dieses Experiment wird durchgeführt, um die Entfernung zwischen Erde und Mond exakt zu messen. Neben der Ermittlung der Art der Mondbewegung als Ganzes

läßt die Methode der Laserortung zu, die Eigenrotation oder Libration des Mondes zu erfassen sowie die Koordinaten einzelner Oberflächenformationen zu präzisieren.

Bei diesem Experiment erfolgt die Ortung des Lichtreflektors vom Astrophysikalischen Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auf der Krim sowie vom französischen Observatorium Pic du Midi. Zu der Laserortungsapparatur gehören ein optischer Sender mit einem Rubinlaser mit einstellbarer Leistung und einer Impulsdauer von etwa einer Hundertmillionstel Sekunde, ein Schmalband-Fotoempfänger (Fotovervielfacher) mit einem Registrierungssystem für das reflektierte Signal, ein Meßgerät für die Fortpflanzungszeit des Lichtsignals zum Lunochod-Reflektor und zurück mit einer Meßgenauigkeit von einer hundertmillionstel Sekunde sowie ein Automatik- und Steuerblock.

Als Ergebnis der ausgeführten Experimente der Laserortung wurden präzise reflektierte Signale registriert.

Die Konstruktion von Lunochod

Die automatische Station Luna 17 besteht aus der vereinheitlichten Landestufe und dem automatischen fahrbaren Laboratorium Lunochod.

Die Landestufe bildet einen selbständigen Raketenblock. Wie beim Flug von Luna 16 lauteten ihre wichtigsten Aufgaben: Korrektur der Flugbahn auf der Strecke Erde – Mond, Gewährleistung des Übergangs der Station auf die Bahn eines künstlichen Mondsatelliten, Gestaltung der mondnahen Umlaufbahn vor der Landung und Landung auf der Mondoberfläche.

Auf der Landestufe der Station sind Lunochod und die zusammenklappbaren Abfahrtsrampen montiert.

Der automatische selbstfahrende Apparat Lunochod 1 besteht aus zwei Hauptteilen – der Gerätesektion und dem Fahrwerk mit den Rädern. Lunochod hat ein Gewicht von 756 Kilogramm.

Die Gerätesektion

Die hermetisch abgeschlossene Gerätesektion hat die Form eines abgestumpften Kegels. Ihr Gehäuse ist aus Magnesiumlegierungen hergestellt, die eine ausreichende Festigkeit und Leichtigkeit gewährleisten.

Der obere Teil des Sektionsrumpfes dient als Kühler im Wärmeregulierungssystem von Lunochod und wird mit einem Spezialdeckel geschlossen, der eine doppelte Funktion ausübt.

Während der Mondnacht bedeckt er den Kühler und verhindert das Ausströmen von Wärme aus der Sektion. Während des Mondtages ist der Deckel geöffnet – und die Elemente der auf der Innenseite des Deckels angebrachten Sonnenbatterie sichern das Nachladen der Akkumulatoren, die die Bordapparaturen mit Strom versorgen.

Im vorderen Teil der Gerätesektion befinden sich die Fenster für die Fernsehkameras, der elektrische Antrieb der beweglichen Antenne für die Übermittlung von Fernsehbildern der Mondoberfläche auf die Erde, eine Antenne mit geringer Richtwirkung, die den Empfang von Funkkommandos und die Übermittlung von Meßwerten sichert, wissenschaftliche Geräte und ein optischer Winkelreflektor.

An Bord sind links und rechts je zwei Panorama-Fernsehkameras montiert (wobei bei jedem Paar eine Kamera konstruktionsmäßig mit dem Gerät zur Bestimmung der örtlichen Vertikale vereinigt ist), vier Stabantennen für den Empfang der Funkkommandos von der Erde in einem anderen Frequenzbereich.

Zum Erhitzen des innerhalb des Apparats zirkulierenden Gases dient eine Isotopen-Wärmenergiequelle. Daneben befinden sich das Gerät für die Bestimmung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Mondgesteins sowie der Mechanismus zum Anheben und Senken des neunten Rades.

In der Gerätesektion sind die Sende- und Empfangsanlagen des Funkkomplexes, die Geräte für die Fernsteuerung von Lunochod, das Energieversorgungssystem, die Kommutations- und Automatikblöcke, das Gerätesystem zur Sicherung des Wärmehaushalts sowie die elektronischen Umformer der wissenschaftlichen Geräte untergebracht.

Der Funkkomplex an Bord sichert den Empfang von Befehlen aus dem Steuerzentrum von Lunochod sowie die Übermittlung von Informationen von Bord auf die Erde. Er umfaßt Sende- und Empfangsanlagen, Automatisierungsmittel, die Umformer der Kommutationsanlage der Bordtelemetrie, zwei Fernsehsysteme sowie die Antennen. Einige der Systeme des Funkkomplexes von Lunochod werden nicht nur während der Arbeit auf der Mondoberfläche, sondern auch während des Fluges von der Erde eingesetzt.

Die beiden Fernsehsysteme von Lunochod dienen der Lösung eigenständiger Aufgaben.

Das System des Kleinbildfernsehens, zu dem zwei Kameras im vorderen Teil des Gehäuses gehören, dient dazu, Fernsehbilder des Geländes für die Fernsteuerung durch die Lunochod-Mannschaft auf der Erde zu übermitteln.

Die Anwendung eines Systems des Kleinbildfernsehens, für das eine im Vergleich zum üblichen Fernsehen geringere Geschwindigkeit der Bildübermittlung kennzeichnend ist, war auf Grund der spezifischen Bedingungen auf dem Mond erforderlich. Die wichtigste dieser Bedingungen besteht darin, daß sich die Landschaft mit der Fortbewegung von Lunochod nur langsam verändert. Deshalb kann man, ohne die Information zu beeinträchtigen, Aufnahmen mit einer Bildfrequenz von einem Bild in 3 bis 20 Sekunden, je nach Bodenrelief und der Geschwindigkeit der Bewegung, übermitteln. Das Auflösungsvermögen der Fernsehkameras und ihre Blickwinkel reichen völlig aus, um alle für die Steuerung von Lunochod erforderlichen Videoinformationen zu erhalten.

Das zweite Fernsehsystem ist für Panoramaaufnahmen des benachbarten Geländes und für Aufnahmen von Abschnitten des Sternhimmels, der Sonne und der Erde zum Zwecke der Astroorientierung von Lunochod bestimmt. Das System besteht aus vier Panorama-Fernsehkameras. Diese sind so angeordnet, daß zwei Kameras eine Übersicht des Geländes rechts und links von Lunochod in den Grenzen von etwas mehr als 180 Grad in der horizontalen Ebene und von 30 Grad in der vertikalen sichern. Die beiden anderen Kameras liefern Aufnahmen des Geländes und des Raumes in den Grenzen von 360 Grad in der vertikalen und von 30 Grad in der horizontalen Ebene.

Alle vier Kameras sind in ihrer Konstruktion vom gleichen Typ. Die von ihnen gelieferten Aufnahmen weisen eine hohe Qualität auf.

Die erheblichen Temperaturschwankungen beim Wechsel von Tag und Nacht sowie der große Temperaturunterschied zwischen den der Sonne ausgesetzten und im Schatten liegenden Teilen des Apparats machten es notwendig, für Lunochod ein besonderes System der Wärmeregulierung zu entwickeln.

Die Aufrechterhaltung der notwendigen Temperaturverhältnisse von Lunochod wird durch passive wie auch durch aktive Methoden der Thermoregulierung gesichert. Zu den passiven Methoden gehört die Verringerung des Wärmeaustausches zwischen den einzelnen Konstruktionselementen von Lunochod und dem umgebenden Raum mittels einer Abschirm-Vakuum-Wärmeisolierung und Spezial-Außenbelagen mit besonderen optischen Eigenschaften. Mit aktiven Methoden werden die Wärmeverhältnisse der Ausrüstung innerhalb der Gerätesektion gewährleistet. Als Strahlungsableiter der Wärme in den Weltraum dient die Außenseite des Deckels der Gerätesektion. Der Wärmeaustausch zwischen dem Radiator und der Geräteausrüstung wird durch Zwangsumlauf des als Wärmeträger dienenden Gases durch ein System von Ventilatoren erreicht.

Bei niedrigen Temperaturen im Laufe der Mondnacht ist es notwendig, die Geräte in der Sektion zu erwärmen. In diesem Falle unterbrechen besondere Schieber automatisch die Zirkulation des als Wärmeträger dienenden Gases im Kühlkreis und führen es dem Vorwärkreis zu. Dort wird es von dem Isotopengenerator erwärmt. Außerdem wird am Ende des Mondtages auf einen Befehl von der Erde der obere Deckel von Lunochod geschlossen, um die Wärmeableitung während der Nacht zu verringern.

Das Wärmeregulierungssystem funktioniert autonom und hält die Temperatur in den vorgegebenen Grenzen.

Das Energieversorgungssystem von Lunochod besteht aus einer Sonnenbatterie und einer chemischen Pufferbatterie sowie aus den Geräten der automatischen Steuerung. Hauptstromquelle ist die Sonnenbatterie, deren Elemente, wie bereits erwähnt, auf der Innenseite des beweglichen Deckels der Gerätesektion angeordnet sind. Der Antrieb wird von der Erde aus gesteuert. Dabei kann der Deckel in jedem beliebigen Winkel von Null bis 180 Grad eingestellt werden, um die Sonnenenergie maximal zu nutzen.

Das Fahrwerk

Die Gerätesektion ist auf einem Fahrwerk mit acht Rädern montiert, das so konstruiert ist, daß es eine hohe Geländegängigkeit auf der Mondoberfläche und eine zuverlässige Arbeit im Laufe einer langen Zeit bei einem minimalen Eigengewicht und Energieverbrauch sichert.

Zum Fahrwerk gehören:

- das aus vier Einheiten paarweise angeordneten Rädern bestehende Laufwerk;
- der Automatikblock;
- das Sicherheitssystem für die Fortbewegung;
- ein Gerät und ein Komplex von Gebern für die Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens und für die Einschätzung der Geländegängigkeit des Fahrwerks.

Jedes der acht Antriebsräder hat seinen eigenen Kraftantrieb sowie eine unabhängige Torsionsaufhängung.

In jeder Radnabe befindet sich ein Elektromotor, ein Getriebe, eine Bremse, eine Vorrichtung für das Abschalten des Kraftantriebs, Geber für die Umdrehungszahl der Räder und für die Temperatur.

Durch eine unterschiedlich schnelle Drehung der Räder links und rechts und durch Veränderung ihrer Drehrichtung kann Lunochod gewendet werden.

Das Bremsen von Lunochod erfolgt durch Umschalten der Antriebsmotoren des Fahrwerks auf elektrodynamisches Bremsen. Um Lunochod an Hängen zu halten oder zu stoppen, werden Scheibenbremsen mit elektromagnetischer Steuerung eingeschaltet.

Der Automatikblock sichert die Steuerung der Bewegung von Lunochod nach Funkkommandos von der Erde, die Messung und Kontrolle der wichtigsten Parameter des Fahrwerks und das automatische Funktionieren der Geräte zur Untersuchung der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens.

Die gesamte Steuerung der Bewegung erfolgt mittels fünf Kommandos für die Bewegung und des Kommandos „Stopp!“.

Das wird mit Hilfe logischer Schemas erreicht, die die Wahl der Logik der Bewegung vornehmen, d.h. die „Erinnerung“ an vorausgegangene Arbeitsweisen und andere Operationen, die auf die Kraft-Stellelemente in der Kette der Elektromotoren einwirken.

Auch das Bewegungssteuerungssystem des Fahrwerk-Automatikblocks hat automatische Vorrichtungen für eine zeitlich festgelegte geradlinige Bewegung und für das Wenden in einem vorgegebenen Winkel.

Das Sicherheitssystem für die Fortbewegung gewährleistet das automatische Halten von Lunochod bei extremen Winkeln der Krängung und der Trimmage und bei einer Überlastung der Elektromotoren der Räder. Notfalls kann ein Rad oder können mehrere Räder vom Kraftantrieb abgeschaltet werden. Dabei bleibt die Zugkraft des Fahrwerks ausreichend hoch.

Die Einschätzung der Geländegängigkeit des Fahrwerks erfolgt mittels eines Komplexes von Gebern, die ständig die Krängung und die Trimmage von Lunochod, die Stromversorgung der Elektromotoren, die Umdrehungszahl und die Temperatur der Räder messen.

Das Gerät zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens gestattet es, operativ Werte über die Bodenverhältnisse für die Fortbewegung zu erhalten.

Es hat Mechanismen zum Einführen des kegelförmigen mit Schaufeln versehenen Bohrgeräts in den Boden und zu seinem Drehen im Boden sowie ein System von Gebern, mit deren Hilfe ständig die auf das Gerät einwirkenden Kräfte, die Tiefe des Eindringens in den Boden und der Winkel seiner Drehung gemessen werden.

Die Messung des von Lunochod zurückgelegten Weges erfolgt nach der Zahl der Umdrehungen der Antriebsräder. Um ihr Rutschen zu berücksichtigen, erfolgt eine Korrektur. Die Größe der Korrektur wird mit Hilfe des frei dahnrollenden neunten Rades, das mittels einer Spezialvorrichtung auf den Boden herabgelassen und dann in die Ausgangsstellung gehoben wird, bestimmt.

Aus: „Istwestija“, 9. 2. 1971, nach PdSU, 22/71.

Fortsetzung „Aus der Literatur“ S. 60

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 Pflaffe

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt

KARL-HEINZ NEUMANN

Zum zehnten Male jährte sich am 12. April der Tag, an dem zum ersten Mal ein Mensch, der sowjetische Kosmonaut Juri Gagarin, mit seinem Raumschiff Wostok 1 die Erde umrundete. Die Menschheit hatte damit ihren ersten Schritt in den kosmischen Raum getan. Planmäßig und zielstrebig und jeweils auf die höchste Effektivität bedacht, entwickelte sich die sowjetische Raumfahrt in den folgenden Jahren weiter. Dabei erfolgte diese Entwicklung auch äußerst komplex. Auf dem Gebiet der bemannten Raumfahrt dominiert die Zielstellung, eine Raumstation aufzubauen, in der von wechselnden Besatzungen, vor allem von Wissenschaftlern, die vielfältigsten Beobachtungen, Untersuchungen und Experimente angestellt werden. Eine solche Station wird den größten volkswirtschaftlichen Nutzen, den man heutzutage aus der Raumfahrt ziehen kann, bringen. Deshalb in der bemannten Raumfahrt die Hinwendung auf diese Zielstellung.

In der Mondforschung ging die Sowjetunion konsequent den einzig richtigen Weg. Sie machte nicht, wie die USA mit ihren bemannten Mondlandungen, den zweiten Schritt vor dem ersten.

Eine weitere Entwicklungsrichtung betrifft die Anwendungssatelliten, also die Serie der Nachrichten-Satelliten vom Typ Molnija und der Wetterbeobachtungssatelliten vom Typ Meteor.

Äußerst vielfältig in ihrer Anwendung dagegen sind die Kosmos-Satelliten. Hier reicht die Skala von geophysikalischen Forschungssatelliten bis zur Erprobung von unbemannten Raumschiffen und neuen Typen von Anwendungssatelliten.

Wenn wir den Zeitraum von 1961 bis jetzt betrachten, läßt sich allein an Hand der jährlichen Startzahlen ein ständiger Zuwachs, d. h. eine ständige Weiter- und Höherentwicklung nachweisen.

So hatte in der Sowjetunion das Jahr 1970 die höchste Startquote von Raumflugkörpern eines Landes, die bisher zu verzeichnen war. 81 Starts haben stattgefunden, das ergibt einen Monatsdurchschnitt von fast 7 Raumflugkörpern. Bei diesen 81 Starts erreichten 88 Flugkörper ihre Bahn, denn bei einem Start am 26. April 1970 gelangten 8 Kosmos-Satelliten (Nr. 336 bis 343) auf ihre Erdumlaufbahn. Wie schon in den vorangegangenen Jahren verteilen sich die einzelnen Starts nicht gleichmäßig auf die Monate des Jahres. Besonders ausgeprägt ist eine Frühjahr- und Herbstspitze, wobei — wie sehr häufig in den vergangenen Jahren — der Monat Oktober mit der Anzahl der Starts die Spitze hält. 1970 fanden 14 Starts statt, das war die höchste Startrate, die jemals in einem Monat aufgetreten ist. Von der Zahl der Flugkörper hier überwiegt der April mit dem Start von 8 Satelliten durch eine Rakete (17 Raumflugkörper).

Die größte Zahl entfällt — wie in den vergangenen Jahren — auf die Satelliten der Kosmos-Serie. Größtenteils haben wir die Kosmos-Satelliten, wobei in diesem Fall die zwei Interkosmos sowie die Satelliten der Serie Meteor in die Darstellung mit aufgenommen wurden. Das ist insofern berechtigt, weil die Interkosmos-Satelliten mit der Trägersrakete der Kosmos-Satelliten auf ihre Bahn gelangten und die Wetterbeobachtungssatelliten vom Typ Meteor in früheren Jahren noch unter den Seriennummern der Kosmos-Satelliten liefen und aus dieser Serie hervorgegangen sind.

Grundsätzlich muß man die Kosmos-Satelliten (wir haben es auch bei früheren Jahresübersichten getan) in zwei Kategorien einteilen: die Rückkehrsatelliten sowie jene, bei denen keine Rückkehr vorgesehen ist und die nach einer bestimmten Zeit je nach ihrer Flughöhe in dichtere Schichten der Erdatmosphäre gelangen und dort verglühen.

Innerhalb der beiden Kategorien kann man zwischen verschiedenen Gruppen unterscheiden. Am sinnvollsten ist dabei eine Einteilung nach der Bahnneigung. Die Bahnneigung begrenzt den Bereich der Hochatmosphäre, der untersucht werden soll, oder auch den Bereich der Erdoberfläche, von dem bestimmte Informationen gewonnen werden sollen. Zum anderen gibt es für Trägersatellitensysteme Bahnneigungswinkel, die fast immer eingehalten werden. In gewisser Weise bietet also die Bahnneigung eine Informationsquelle für die Aufgabenstellung bei den Kosmos-Satelliten, die äußerst vielfältig ist.

Beschäftigen wir uns zunächst mit den Rückkehrsatelliten, die wir nach unserer Einteilung Kategorie 1 nennen wollen. Als erste Gruppe seien jene betrachtet, deren Bahnneigung 65 oder 65,4 Grad beträgt. Davon wurden 1970 insgesamt 17 Satelliten gestartet. Die Sender dieser Satelliten arbeiten auf der Frequenz von 19,995 MHz; sie wurden sowohl von unserer Station als auch von der Sternwarte Eilenburg und z. T. von unserer Außenstation in Brehna, Krs. Bitterfeld, ständig empfangen. Das gilt übrigens auch für die zweite, dritte und vierte Gruppe

der in der ersten Kategorie zu behandelnden Satelliten. Qualitativ reichen diese Beobachtungen dazu aus, um daraus den Standort des Satelliten zu bestimmen. Sie werden in zwei Zentren auf ihre Umlaufbahn gebracht, eines davon ist Baikunur in Kasachstan, das zweite liegt im hohen Norden nahe der Stadt Plessetzk im Gebiet von Archangel'sk. Die 65-Grad-Satelliten tauchten bereits im ersten Jahr mit dem Beginn der Kosmos-Serie auf. Ihre Anzahl zeigt seit 1967 einen etwa konstanten Wert. Auch auf die einzelnen Monate des Jahres verteilen sie sich recht gleichmäßig. Bei dieser sowie bei den folgenden drei Gruppen tauchte nun in diesem Jahr eine Neuigkeit auf. In den vorangegangenen Jahren war der allergrößte Teil von ihnen nach rund 8 Tagen Erdumlauf zurückgeführt worden. Jetzt trat schon bei etwa der Hälfte all dieser Satelliten (vor allem in den letzten Monaten des Jahres) eine Lebenszeit von 12 Tagen auf. Da diese Satelliten ihre Energie über chemische Stromquellen erhalten (Solarzellen wären für den kurzen Einsatz unrentabel) bedeutet das, daß die Energieversorgungsquellen bedeutend erweitert und verbessert worden sein müssen.

Zur zweiten Gruppe der ersten Kategorie zählen die Satelliten mit rund 51,8 Grad Bahnneigung. Diese wurden ausnahmslos in Baikunur gestartet. Das Jahr 1970 hatte nur vier Vertreter aufzuweisen, es waren also weniger als früher eingesetzt worden. Bei diesen Satelliten ist auffällig, daß sie nur in den Sommermonaten gestartet werden. Das läßt sich bereits von 1967 an nachweisen. Ihre mittlere Flughöhe liegt etwas unter der der anderen Gruppen von Rückkehrsatelliten.

Als dritte und vierte Gruppe seien die kurzlebigen Satelliten mit rund 72,9 Grad und rund 81,4 Grad Bahnneigung genannt. Die Häufigkeit ihres Einsatzes unterscheidet sich 1970 nicht von dem der vergangenen Jahre; das gilt auch für die zeitliche Verteilung auf die einzelnen Monate.

Die Satelliten der fünften Gruppe, 1970 waren es zwei, nehmen eine Sonderstellung in der gesamten Kosmos-Serie ein. Bei den TASS-Meldungen über ihren Start fehlt jeweils die Angabe über die Umlaufzeit. Diese Satelliten umfliegen die Erde nur einmal und werden dann zurückgeführt. Schon in den vergangenen Jahren traten Satelliten dieser Gruppe auf. Wir sind sicher, daß es sich hierbei um Experimente zur gesteuerten weichen Landung handelt. Der letzte Satellit in der Kategorie der Rückkehrsatelliten ist Kosmos 368. Hier wurde in der TASS-Meldung mitgeteilt, daß es sich um einen Biosatelliten gehandelt hat, der verschiedene Versuchstiere, Pflanzen und Mikroorganismen an Bord hatte. Damit wurden weitere biologisch-medizinische Untersuchungen angestellt. Nach 6 Tagen wurde der Rückkehrteil dieses Satelliten wieder gelandet.

Auch die Satelliten der zweiten Kategorie kann man in Gruppen einteilen, wobei die Bahnneigung ebenfalls wieder ein wesentliches Charakteristikum darstellt. Als erste Gruppe sind die Satelliten mit rund 49 Grad Bahnneigung sowie die beiden Interkosmos des Jahres 1970 zusammengefaßt. Ihr Standort liegt im europäischen Teil der Sowjetunion an der Wolga, nahe dem Ort Kapustin Jar. In der gesamten Kosmos-Serie sind es sozusagen die ältesten, denn Kosmos 1 bis 3 gehörten in diese Kategorie. Wir haben sie in früheren Berichten mitunter als die sogenannten „kleinen“ Kosmos bezeichnet. In ihrer Grundform sind sie standardisiert. Sie haben eine Länge von etwa 1,80 Meter und einen Durchmesser von etwa 1,20 Meter. Ihre Grundform ist ein Zylinder mit sphärischen Endflächen. Je nach ihrer Energieversorgung ist ihr Äußeres verschieden. Einige von ihnen beziehen ihre Energie aus chemischen Stromquellen, hier finden wir außen angehängt nur die Fühler der Meßinstrumente. In ihrem inneren Grundaufbau sind sie ebenfalls standardisiert. In der vorderen Halbkugel befindet sich die Meßinstrumente, der zylindrische Mittelteil enthält alle Versorgungsanlagen für die Funktion dieses Satelliten einschließlich Sender und Kommandoempfangsanlagen. In der hinteren Halbkugel ist die Energieversorgungsanlage untergebracht, d. h. also entweder chemische Stromquellen oder Pufferbatterien, die von den Solarzellen aufgeladen werden. Die Anordnung der mit Solarzellen versorgten Satelliten ist unterschiedlich, je nachdem, ob der Satellit eine räumliche Lagestabilisierung hat, oder ob er nicht räumlich orientiert ist. Bei letzteren sind die Solarzellen so angeordnet, daß bei der verschiedensten räumlichen Lage ein Maximum an Solarzellenflächen von der Sonne angestrahlt wird. Bei den lagestabilisierten und räumlich orientierten Satelliten liegen die Solarzellenflächen alle in einer Ebene, in diesem Fall senkrecht zur Einfallsrichtung der Sonnenstrahlung angeordnet ist. Ein Beispiel dafür ist Interkosmos 4, der speziell der Untersuchung der solaren Ultraviolett- und Röntgenstrahlung dient. Auch die Meßinstrumentenfühler sind in der gleichen räumlichen Ebene angebracht. Sie befinden sich über einer vorn vor der oberen Halbkugel angebrachten Wärmeschutzplatte. Für die zeitliche Folge des Einsatzes der 49-Grad-Kosmos-Satelliten gibt es keine besonderen Häufigkeitsmonate während eines Jahres. Sie verteilen sich fast gleichmäßig auf die einzelnen Monate.

Als nächste Gruppe kann man die Satelliten mit 71 Grad Bahnneigung zusammenfassen. Ihr Startort wie auch der der folgenden beiden Gruppen ist Plessetzk. Ihre Flugbahnen ähneln sich sehr stark, wobei zwei unterschiedliche mittlere Höhen auftauchen: einmal Satelliten, die sich etwa zwischen 280 und 500 km um die Erde bewegen, zum zweiten solche, die im Bereich von etwa 280 bis rund 850 km fliegen. Ihre Jahreszeitliche Verteilung ist auffällig kontinuierlich und gleichmäßig. Fast jeden Monat wurde 1970 ein solcher Satellit eingesetzt.

Als neue Gruppe seien die Kosmos-Satelliten mit rund 80 Grad Bahnneigung genannt. Zum Teil treten hier – wie auch bei den 49 Grad Kosmos – stark exzentrische Bahnen auf. Sie liegen für zwei dieser Satelliten im Bereich zwischen 210 und 1500 km Höhe. Der dritte derartige Satellit des Jahres 1970 dagegen hat eine Bahn, die der der 71 Grad Kosmos nahe kommt. Bis zu dieser Gruppe von Satelliten dürfte mit Sicherheit gesagt werden, daß es sich hier um die oben beschriebenen kleinen Kosmos-Satelliten handelt.

Mit einer etwas größeren Häufigkeit tauchen als vierte Gruppe die Satelliten mit rund 74 Grad Bahnneigung auf. Was ihre Flugbahn betrifft, finden wir mit einer Ausnahme (Kosmos 371) ganz charakteristische Werte. Die Bahnen sind kreisförmig und verlaufen in vier verschiedenen Höhenbereichen. Der tiefste liegt bei etwa 500 km, der nächste bei 770 km, dann folgt ein Höhenbereich von rund 1000 km und schließlich noch einer von etwa 1500 km. Besonders auffällig ist, daß diese Satelliten meist in Serie gestartet werden: so z. B. im April 1970 drei Satelliten hintereinander, wobei die Kreishöhen in 500, 700 und 1500 km Höhe erreicht wurden. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß diese drei Satelliten gemeinsame Forschungsaufgaben zu erfüllen haben. Im Monat Oktober tauchte zweimal die 770 km Kreishöhe auf. Im Dezember schließlich wurden zwei mit 1000 und ein dritter mit 500 km Kreishöhe gestartet.

Über die Forschungsaufgaben der Satelliten der letzten Dreierserie, speziell über Kosmos 381, wurden von TASS nähere Angaben veröffentlicht. Danach war Kosmos 381 für die genaue Sondierung der Ionosphäre eingesetzt.

Mit seinen rund 1000 km Kreisbahnhöhe befand er sich über dem Maximum der Ionosphäre. Deshalb war er für diese Aufgabenstellung gut geeignet. Die Flugbahn dieser Satelliten deutet aber noch auf eine andere Einsatzmöglichkeit hin. Es könnte sich hierbei auch um Experimente für den Einsatz von Navigationsatelliten handeln. Über die Dimensionen und den Aufbau dieser 74 Grad Kosmos-Satelliten liegen leider keine Informationen vor. Der als Ausnahme genannte Kosmos 371 besitzt im Gegensatz zu den anderen eine stark exzentrische Bahn zwischen 240 und knapp 1800 km. Als Startort kommt nur Plessetzk in Frage. Über die Träger Rakete kann wegen des Fehlens der Angaben über die Dimensionen keine Aussage gemacht werden. Die vorher erwähnten kleinen Kosmos-Satelliten wurden ausnahmslos mit der zweistufigen Kosmos-Standard-Rakete auf ihre Umlaufbahnen gebracht.

Neuartig sind die als nächste Gruppe aufgeführten Kosmos-Satelliten. Sie haben eine Bahnneigung von etwa 51,6 Grad, Startort kann nur Baikonnur sein. Die Bahnangaben aller drei Satelliten, die TASS veröffentlichte, sind unterschiedlich. Besonders interessant sind zwei Satelliten dieser Gruppe, nämlich Kosmos 379 und 382. Für den erstgenannten gab TASS als Flughöhe 198 bis 253 km an. Diese Angaben gelten sicherlich nur für den Starttag. Der Start erfolgte 5h15m WZ. Für den 25. November wurde eine Flughöhe zwischen 190 und 1210 km für diesen Satelliten von RAE gemeldet. Mit der Epoche vom 30. November meldete RAE dagegen für diesen Satelliten eine Bahn, die zwischen 175 und 14035 km verlief. Daraus ist zu ersehen, daß mit diesem Satelliten zwei grundsätzliche Bahnänderungen erfolgten. Die Bahn der letzten Raketenstufe entspricht in ihren Werten etwa der anfänglichen Flugbahn von Kosmos 379. Als weiteres Objekt wird eine Trägerplattform genannt, deren Bahn etwa der zweiten Flugbahn entspricht. Das bedeutet also, daß zur ersten Bahnänderung der Antrieb der Trägerplattform genutzt wurde. Die zweite Flugbahnänderung schließlich muß mit einem Antriebssystem des Satelliten selbst erfolgt sein.

Als Dimensionen für die letzte Raketenstufe gibt RAE einen ungefähren Durchmesser von 4 Metern und eine Länge von etwa 10 Metern an. Es hat also den Anschein, daß dieser — wie auch der folgende Satellit — von der schon früher erwähnten Proton-Träger Rakete auf seine Umlaufbahn gebracht worden ist. Die Dimensionsabschätzungen von RAE beruhen auf Radarbeobachtungen.

Auch bei Kosmos 382 sind zwei Bahnänderungen ausgeführt worden. Der am 2. Dezember ausgeführte Start erfolgte für diesen Satelliten gegen 16h35m WZ. Die anfängliche Flugbahn (entspricht auch der Bahn der letzten Raketenstufe) lag bereits relativ hoch im Bereich zwischen 320 und 5040 km. Wie bei dem eben genannten Satelliten erfolgte mit Hilfe des Trägersatelliten ein Anheben des Perigäums auf 1615 km. (Bahn der Trägerplattform hat auch etwa diese Werte.) Die zweite Änderung muß wiederum mit dem Triebwerk des Satelliten selbst ausgeführt worden sein. Hierbei wurde das Perigäum weiter angehoben bis auf den Wert von etwa 2577 km. (Apogäum 5082 km). Gleichzeitig wurde dabei aber auch die Bahnneigung geändert, sie erreichte den Wert von 55,9 Grad. Auch für diesen Satelliten gilt die Annahme, daß er mit einer Proton-Träger Rakete seine Bahn erreichte. Satelliten mit derartigen Bahnänderungen sind neuartig in der Kosmos-Serie.

Einen Sonderfall bildet Kosmos 387, er bewegt sich in einer kreisähnlichen Bahn in etwa 1000 km Höhe. Vergleichbare Satelliten gab es in der Vergangenheit nicht.

Vorläufer hatten allerdings die hier als siebente Gruppe aufgeführten drei Satelliten. Ihre Besonderheit besteht in der Bahnneigung von etwa 63 Grad. Der erste von ihnen (Kosmos 373) hat eine kreisähnliche Bahn in etwa 500 km Höhe. Die zwei weiteren Nachfolgesatelliten mit dieser Bahnneigung besaßen exzentrische Bahnen mit einem Perigäum im 500 km Höhenbereich und einem Apogäum in etwa 2150 km. Nach Angaben westlicher Satelliten überwachungsstellen sollen die beiden Nachfolgesatelliten jeweils bei ihrer ersten räumlichen Annäherung an Kosmos 373 in zahlreiche Einzelteile zerfallen sein.

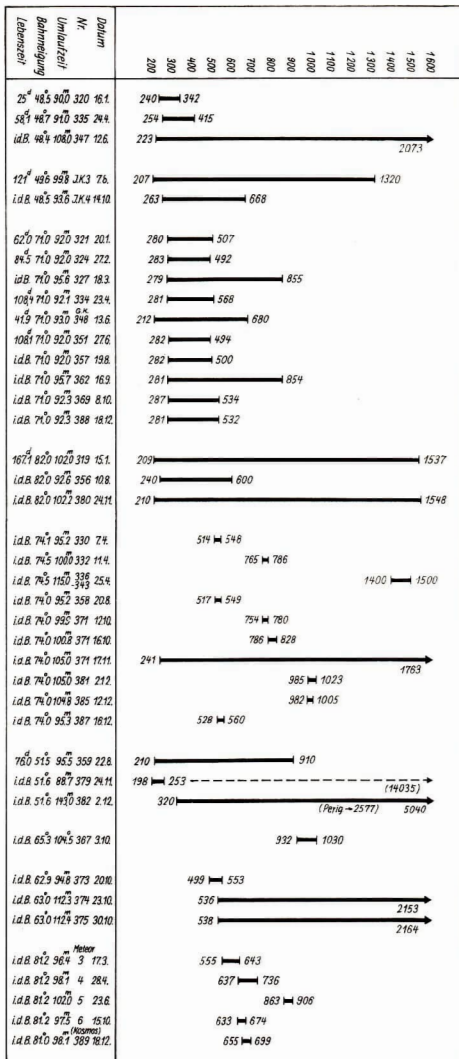
In der letzten Gruppe der Kosmos-Satelliten sind hier Meteor 3 bis 6 zusammengefaßt. Diese vier Wetteratelliten sind 1970 gestartet worden. Eingereicht in diese Gruppe wurde Kosmos 389, dessen Bahn mit der der übrigen Wetteratelliten praktisch identisch ist. Sicherlich handelt es sich hierbei um einen meteorologischen Satelliten zur Erprobung neuer Wetterbeobachtungssysteme.

Im Jahre 1970 wurde außerdem das System der aktiven Nachrichtensatelliten der Sowjetunion, welches die Bezeichnung Orbita trägt, durch fünf weitere Starts von Satelliten der Serie Molnija erweitert. Auch die Zahl der in zwischen in Betrieb genommenen Bodenempfangsstationen erhöhte sich auf 35. Seit 1965 ist das Orbita-System im Einsatz und bewährt sich seither nicht nur für die Übertragung des zentralen sowjetischen Fernsehens, sondern auch für Funk- und Nachrichtenübermittlung.

Nur ein bemanntes Raumflugunternehmen erfolgte 1970. Mit dem Raumschiff Sojus 9 starteten die Kosmonauten Andrian Nikolajew und Vitali Sewastjanow. Hauptziel dieses Unternehmens war, den langandauernden Zustand der Schwerelosigkeit in seinen Auswirkungen auf Kosmonauten experimentell zu erproben, Methoden der wissenschaftlichen Beobachtung zu prüfen und schließlich den Raumschifftyp Sojus in seiner Einsatzfähigkeit bei lang andauernden Flügen zu testen. Knapp 18 Tage dauerte dieses Unternehmen. Kurz zusammengefaßt die Ergebnisse dieses Fluges, der am 1. Juni um 19h begann und am 19. Juni um 11h59m WZ endete (285 Erdumkreisungen und 11,3 Millionen km Flugstrecke).

Wie schon bei vorangegangenen Unternehmungen zeigte es sich, daß die Anpassung des Menschen an die Schwerelosigkeit nach relativ kurzer Zeit (weniger als einem Tag) abgeschlossen war. Während der gesamten Flugdauer blieb die Arbeitsfähigkeit beider Kosmonauten voll erhalten. Alle gestellten Aufgaben konnten einwandfrei gelöst werden. Als schwierig und problematisch erwies sich die Reanpassung an die irdische Schwerkraft nach der Landung. Trotz zahlreicher und auf Wunsch der Kosmonauten noch täglich zeitlich verlängerter gymnastischer Übungen während des Fluges, war ein beträchtlicher Muskelschwund — vor allem in der praktisch nicht belasteten Beinmuskulatur — aufgetreten. Nach der Landung hatten die Kosmonauten Schwierigkeiten, sich von ihren Sitzen zu erheben. Der Ausstieg aus der Kommandokabine gelang nur durch tatkräftige Hilfe der Bergungsmannschaft. Erst nach etwa 10 Tagen war die Regenerierung der Beinmuskulatur so weit fortgeschritten, daß die Kosmonauten sich wieder normal fortbewegen konnten.

Diese Ergebnisse sind ein ernstzunehmendes Problem für die Besatzungen künftiger Raumstationen. Die Erfahrungen, die man bei diesem Flug gewonnen hat, schaffen die Voraussetzung für Abhilfemaßnahmen. Diese können einmal in verbesserten Training oder durch eventuelle pharmakologische Vorbeugemaßnahmen realisiert werden. Dieses Unternehmen war ein weiterer wesentlicher Schritt auf dem Wege zum Bau einer Raumstation.



Lebenszeit	Bahnneigung	Umlaufzeit	Nr.	Datum	200	300	400	500
12 ^d 50 ^h 89 ^m 318 9.1.				207	259			
7 ^d 55 ^h 89 ^m 322 21.1.				200	337			
7 ^d 55 ^h 89 ^m 323 10.2.				206	333			
8 ^d 55 ^h 89 ^m 325 4.3.				207	348			
8 ^d 55 ^h 89 ^m 331 8.4.				213	347			
7 ^d 55 ^h 89 ^m 349 17.6.				203	350			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 353 9.7.				211	369			
7 ^d 55 ^h 89 ^m 355 7.8.				202	342			
10 ^d 55 ^h 89 ^m 360 29.8.				209	318			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 363 17.9.				210	324			
10 ^d 55 ^h 89 ^m 364 22.2.				211	330			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 366 1.10.				206	310			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 370 9.10.				208	307			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 376 30.10.				216	311			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 377 11.11.				208	305			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 383 3.12.				208	293			
12 ^d 55 ^h 89 ^m 386 15.12.				207	275			
8 ^d 51 ^h 89 ^m 345 20.5.				193	276			
7 ^d 51 ^h 89 ^m 346 10.6.				210	289			
12 ^d 51 ^h 89 ^m 350 26.6.				204	267			
8 ^d 51 ^h 89 ^m 352 7.7.				205	300			
12 ^d 72 ^h 89 ^m 326 27.3.				213	340			
7 ^d 72 ^h 89 ^m 344 12.5.				206	347			
13 ^d 72 ^h 89 ^m 361 8.9.				207	326			
12 ^d 72 ^h 89 ^m 384 10.12.				212	314			
8 ^d 81 ^h 90 ^m 326 13.3.				212	393			
12 ^d 81 ^h 88 ^m 329 3.4.				202	240			
12 ^d 81 ^h 89 ^m 333 15.4.				217	265			
~90 50 ^h - 354 28.7.				144	208			
~90 49 ^h - 365 25.9.				144	210			
6 ^d 55 ^h 90 ^m 368 8.10. Bio-Satellit				212	421			

Bei der Erforschung des Mondes zeigte die Sowjetunion im Jahre 1970 besonders große Aktivität. An den Unternehmungen Luna 16 und Luna 17 demonstrierte sie ihre Methode der Mondforschung. Am 12. September um 14^h36^m MEZ startete die Sonde Luna 16 aus einer Satellitenbahn. Am nächsten Tage erfolgte eine erste Bahnkorrektur. Am 17. 9. gelangte diese Sonde in eine Mondsatellitenbahn. Während des Fluges zum Mond war 26mal Funkverbindung aufgenommen worden. Dabei wurden die Bahnwerte präzise festgestellt und Angaben über das Funktionsverhalten der verschiedensten Systeme dieser Sonde zur Erde gesendet. Die anfängliche Mondsatellitenbahn verlief bei 70 Grad Bahnneigung in etwa 110 km Höhe. Am 19. 9. wurde diese Bahn erstmalig verändert. Der mondnaheste Punkt hatte danach nur noch einen Abstand von 15 km. In den Morgenstunden des 20. Spetember, 6^h18^m MEZ, landete Luna 16 weich im Mare Foecunditatis. Die Koordinaten des Landeortes waren 56°16' östlicher Länge (nach astronomischen Koordinaten) und 0°41' südlicher Breite. Bis zur Landung war insgesamt 68mal Funkverbindung aufgenommen worden. Die Abbremsung zur Landung erfolgte in zwei Etappen. Das Haupttriebwerk wurde beim Erreichen des mondnahesten Punktes erstmalig gezündet. Bei der weiteren Annäherung an den Mond erfolgte schließlich in 600 Metern Höhe eine nochmalige Zündung des Haupttriebwerkes, welches in 20 Metern Höhe über der Mondoberfläche abgeschaltet wurde, damit nicht viel loses Mondoberflächenmaterial aufgewirbelt wird. Die Relativgeschwindigkeit zur Mondoberfläche lag nahe 0 Meter pro Sekunde. Die kleinen Steuertriebwerke wirkten dann noch bis in 2 Meter Höhe. Die Landestufe setzte auf den vier gefederten Beinen auf.

Nach Aufnahme der Funkverbindung wurde zunächst eine Telekamera in Betrieb genommen. Für den Landeort herrschte bereits Mondnacht. Trotzdem gelang es, Bilder ausgezeichneter Qualität von der näheren Umgebung des Landeplatzes zur Erde zu übertragen. Danach erfolgte die Auswahl des Punktes, an dem der Bohrer zur Entnahme von Bodenproben auf der Mondoberfläche angesetzt wird. An einem Schwenkarm wurde er heruntergelassen und nahm eine vertikale Probe bis zu 35 cm Tiefe auf. Nach dem Zurückschwenken des Bohrers wurde der Bonzkern automatisch in der kugelförmigen Landekabine der Rückkehrkiste untergebracht. Der Rückstart der Landestufe erfolgte am 21. September, um 8^h43^m MEZ. Am 24. 9., um 6^h26^m MEZ, landete der Behälter im vorgesehenen Gebiet in Kasachstan. Schon während des Herabsinkens am Fallschirm wurde die Landekapsel (Container) von den Mannschaften der Bergungshubschrauber gesichtet. Dieses automatisch zur Erde zurückgebrachte Mondbodenmaterial ist von sowjetischen Wissenschaftlern einer eingehenden Analyse unterzogen worden. Es ergaben sich in der Auswertung im wesentlichen Übereinstimmungen mit den Mondbodenproben, die die Besatzungen von Apollo 11 und Apollo 12 ebenfalls aus Maregebieten zur Erde zurückgebracht hatten. In der Struktur dieser vertikalen Probe ergab sich eine Zunahme der Korngröße mit der Tiefe. Das Unternehmen Luna 16 bewies, daß zur Beschaffung von Mondbodenproben nicht unbedingt der Einsatz des Menschen notwendig ist.

Am 10. November, um 15^h44^m MEZ, wurde die Sonde Luna 17 aus einer Erdsatellitenbahn in die Mondflugbahn gebracht. Eine erste Bahnkorrektur für diesen Flugkörper erfolgte am 12. November, eine zweite am 14. November. Am 15. November gelangte Luna 17 in eine Mondsatellitenbahn; diese kreisförmige Satellitenbahn lag in 85 km Höhe bei einer Bahnneigung von 141 Grad. Bis zum Einflug in die Mondsatellitenbahn war 36mal Funkverbindung aufgenommen worden. Im Verlaufe der folgenden Tage wurden mehrere Änderungen der ursprünglichen Mondumlaufbahn vorgenommen. Bis zum 17. 11. war der mondnaheste Punkt bis auf 19 km Höhe herabgesenkt worden. Um 4^h47^m MEZ landete Luna 17 am Nordwestrand des Mare Imbrium. Die Landekoordinaten sind 35° westlicher Länge und 38°17' nördlicher Breite. Zur weichen Landung war die gleiche standardisierte Landestufe verwendet worden wie bei Luna 16. An Stelle der Rückkehrkiste befand sich auf der Landestufe ein Immobiles, von der Erde fernsteuerbares Forschungsfahrzeug mit der Bezeichnung Lunochod 1. Um 7^h20^m MEZ des gleichen Tages wurde mit diesem Fahrzeug erstmals Funkkontakt aufgenommen, die Systeme aktiviert und überprüft. Danach wurden je zwei Fallreeps in vorderer und rückseitiger Richtung zur Mondoberfläche heruntergeklappt. Die Richtantenne des Fahrzeuges wurde nach der Erde orientiert und erste Fernsichtbilder sind über-

tragen worden. Um 7^h28^m MEZ rollte das Mondfahrzeug über das vordere Fallreep auf die Mondoberfläche herab. (Weitere Einzelheiten über Lunochod 1 siehe im Beitrag S. 52).

Bei Redaktionsschluss (Anfang März 1971) hatte das Mondfahrzeug vier rund 14tägige Mondarbeitstage, vier Mondnächte und eine Sonnenfinsternis (auf dem Mond) bei voller Funktionstüchtigkeit überdauert und mehr als 6 km Fahrstrecke auf der Mondoberfläche zurückgelegt.

Ein weiterer Raumflugkörper vom Typ Sonde war am 20. Oktober gestartet worden, hatte den Mond am 24. Oktober umflogen, war am 27. Oktober um 14^h55^m MEZ im Indischen Ozean gelandet und geborgen worden. Zahlreiche Fotos und Fernsehaufnahmen des Mondes und der Erde sind von ihm gewonnen worden.

Die sowjetische Sonde Venus 7, gestartet am 17. August 1970, erreichte am 15. Dezember als erster Raumflugkörper, der noch Informationen sendete, die Venusoberfläche. Bis 23 Minuten nach der Landung wurden Temperaturwerte von 475 Grad $\pm$ 20 Grad und Druckwerte von Atmosphären $\pm$ 15 Atm. zur Erde übertragen.

Aus der Literatur

Kosmos und Produktion

Die Entwicklung der Produktivkräfte als Ergebnis der objektiv existierenden Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung führt zu einem wachsenden Einfluß der Raumforschung auf die Produktion. Diese progressive Tendenz besteht objektiv, und ihre Verwirklichung in der UdSSR eröffnet der Entwicklung der Produktivkräfte große Perspektiven. Sie kommt in der bewußten Tätigkeit der Menschen zum Ausdruck, die auf die Ausnutzung der Gesetzmäßigkeiten und Erscheinungen des Kosmos im Interesse der gesellschaftlichen Produktion, auf die Nutzung verschiedener Raketen- und Weltraumkomplexe zu praktischen Zwecken sowie auf die Nutzung der mit der Entwicklung kosmischer Systeme zusammenhängenden wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse zielt. Hierbei sind drei Hauptrichtungen zu verzeichnen.

Reproduktion und Nutzung von Weltraumbedingungen

Die erste Richtung ist die Reproduktion und Nutzung einiger Weltraumbedingungen und -prozesse in der Produktionssphäre. Für den Weltraum ist unter anderem folgendes kennzeichnend: Hochvakuum, extreme Temperaturen und Drücke in den Sternen, Magnetfelder, Ströme durchdringender Strahlung, Sonnenwind, Meteorströme. Bekannt ist auch, daß Vakuum, extrem hohe und extrem niedrige Temperaturen, Plasmaprozesse und eine leistungsfähige Strahlentechnik in der Produktion weitgehend Anwendung finden. Es gibt faktisch keinen Bereich der Volkswirtschaft, indem nicht in verschieden großem Ausmaß die für den Weltraum kennzeichnenden Bedingungen und Prozesse reproduziert werden könnten.

Das Vordringen des Menschen in den Kosmos hat für die Erforschung der sich in der Sonne abspielenden Erscheinungen und Prozesse, die für das Leben auf der Erde überaus wichtig sind, außerordentliche Bedeutung. Es läßt sich heute noch schwer voraussagen, was der Mensch auf Grund der Erforschung der Physik der Sonne in der Produktionssphäre nun nutzen können wird, ob dies der Bereich der Kernphysik oder die sich unter der Einwirkung des Sonnenlichts im Chlorophyll abspielenden subtilen Prozesse betreffen wird. Eines aber ist sicher: Unsere Sonne, die die Entstehung des Lebens ermöglichte, wird uns auch helfen, das Leben zu vervollkommen. Hier sei übrigens erwähnt, daß das in der Industrie weitverbreitete Gas Helium zuerst auf der Sonne entdeckt wurde.

Somit können durch die Erschließung des Weltraums die sich in ihm abspielenden Erscheinungen und Prozesse eingehender erforscht und anschließend auf der Erde modelliert sowie für den Bedarf der Wirtschaft genutzt werden. Außerdem erweitert die Raumforschung den Horizont der Wissenschaft, durch die die Produktion vervollkommenet wird.

Stimulator führender Industriezweige

Die zweite Richtung hängt mit der Entwicklung der Raketen- und Weltraumtechnik selbst sowie mit der Einführung ihrer Erkenntnisse in andere Industriezweige zusammen.

Es handelt sich nicht allein um Konstruktionsmaterial mit hohen spezifischen Eigenschaften, um Mikrominiaturgeräte der Funkelektronik oder um Schnellrechner, deren Anwendung in der Volkswirtschaft einen außerordentlich hohen Nutzeffekt bringt. Die weitere Vervollkommen der Raketen- und Weltraumtechnik, insbesondere der bemannten Raumschiffe, schafft die Voraussetzung für einen auf den ersten Blick überraschend anmutenden Sprung in der Entwicklung der Medizin, der Biologie, der Landwirtschaft und verschiedener anderer Bereiche der Wissenschaft und Technik. Vor der Medizin steht die Aufgabe, die normale Lebenstätigkeit des Menschen im Weltraum zu sichern. Damit vollzieht die Medizin einen qualitativ neuen Schritt auf dem Wege zur gründlicheren Erforschung des menschlichen Organismus und der sich in ihm abspielenden Prozesse.

Und wie steht es mit dem geschlossenen ökologischen Zyklus in der Raumschiffkabine? Wie viele noch unerforschte Möglichkeiten gibt es hier! Viele Entdeckungen auf diesem Gebiet werden möglicherweise in der Landwirtschaft und in der Medizin genutzt. So hängt zum Beispiel eines der Elemente des geschlossenen ökologischen Zyklus mit der Hydroponik zusammen, die bereits in der Landwirtschaft genutzt wird und sich als sehr produktiv erweist.

Die Entwicklung der Raketen- und Weltraumtechnik, die die Quintessenz der fortschrittlichsten Zweige der Technik darstellt, stimuliert den Fortschritt in den führenden Industriezweigen wie im Maschinenbau, in der Elektronik, der Elektroenergieversorgung und der Hüttenindustrie. Zugleich vollzieht sich der wissenschaftlich-technische Fortschritt allgemein schneller, und es erhöht sich die Effektivität der gesellschaftlichen Produktion.

Impulse für die Volkswirtschaft

Die dritte Richtung hängt mit der Beförderung von Teilen produktions-technischer Komplexe in den Weltraum, so zum Beispiel auf die Bahn von Erdsatelliten oder auf den Mond, zusammen. Damit ist die Schaffung kosmischer Systeme gemeint, die große volkswirtschaftliche Bedeutung haben. Es handelt sich beispielsweise um Systeme der Nachrichtenverbindung, der Meteorologie, der Navigation, der Geodäsie und um die Erforschung der Naturschätze der Erde. Die genannten Systeme sind bereits heute äußerst effektiv und leisten einen enormen Beitrag für die Volkswirtschaft.

Somit sehen wir uns der Tatsache gegenüber, daß es ökonomisch zweckmäßig ist, die außerirdische Natur in den Produktionsprozeß der materiellen Güter einzubeziehen. Die Schaffung kosmischer Systeme ist das Ergebnis der folgerichtigen Erkenntnis, daß in einigen Fällen die irdischen Bedingungen bereits nicht mehr den Bedürfnissen der Entwicklung der Produktivkräfte entsprechen und sich die Bedingungen des Weltraums immer stärker auf die Produktion materieller Güter auswirken beginnen.

Deshalb erweist sich die Erschließung des Weltraums als ein sehr effektiver Stimulator für die Entwicklung der Produktivkräfte. Eine Einstellung oder Verzögerung der Erforschung und Nutzung des Weltraums kann offensichtlich zu einem einschneidenden Tempoverlust bei der Steigerung der Produktion materieller Güter führen.

Somit führt die immer intensivere Anwendung von Erkenntnissen der Raumforschung in der Produktion materieller Güter zu einer gewaltigen Entwicklung der Produktivkräfte, zu der Möglichkeit, die grundlegenden Probleme der Volkswirtschaft außergewöhnlich schnell zu lösen.

Die wirtschaftliche Epochen unterscheiden sich vor allem dadurch, wie die materiellen Güter produziert und wie dafür die Arbeitsinstrumente genutzt werden.

Die Entwicklung von „kosmisierten“ Arbeitsinstrumenten liefert den überzeugenden Beweis, daß die Menschheit in die Epoche der kosmischen Wirtschaft eintritt.

Heute befindet sich die kosmische Wirtschaft der Erde noch im Anfangsstadium. Doch wenn man sich das Ziel stellt, unter Anwendung historischer Analogien die Bedeutung der „kosmisierten“ Produktionsmittel bei der Entwicklung der Produktivkräfte zu bestimmen, kann man sich durchaus vorstellen, daß die Menschheit noch Grandioses zu erwarten hat.

Es ist in der Tat so. Erinnern wir uns nur daran, welchen Umschwung die Anwendung von Dampf in der wirtschaftlichen Tätigkeit der Menschen ausgelöst hat. Noch bemerkenswerter ist das Zeitalter der Elektrizität. Um die Bedeutung der Elektrizität richtig zu beurteilen, genügt es, an die geniale Formel Lenins zu denken „Kommunismus – das ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung des ganzen Landes“.

Was wird uns das kosmische Jahrhundert bringen? Die Menschheit wird einen noch nie dagewesenen Fortschritt in der Produktion erzielen. Auf der ersten Etappe bestehen die wichtigsten Besonderheiten der heute im Entstehen begriffenen kosmischen Wirtschaft in der stimulierenden Wirkung der Raketen- und Weltraumtechnik auf die Entwicklung aller Produktionsarten und der Wissenschaft sowie im Einsatz von Raumflugkörpern und kosmischen Systemen für die Lösung einiger sehr wichtiger volkswirtschaftlicher Aufgaben (Nachrichtenwesen, Meteorologie, Hydrologie, Geologie, Ozeanologie usw.).

Der Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, W. M. Keldysch sagte am 11. April 1969 in seiner Rede auf der Festversammlung zu Ehren des Tages der Raumfahrt: „Die Weltraumforschung übt einen immer stärkeren Einfluß auf den heutigen wissenschaftlich-technischen Fortschritt aus. Die Bedürfnisse der Raumfahrt haben der Entwicklung vieler Industriezweige mächtigen Impuls verliehen und erforderten intensive Forschungen auf den verschiedensten Gebieten, warfen neue wissenschaftliche Probleme auf und führten zur Entstehung neuer Wissenschaftszweige. Gleichzeitig werden die Erkenntnisse der Weltraumwissenschaft und -technik immer mehr in der Praxis genutzt.“

Natürlich sind wir vorläufig erst noch dabei zu lernen, wie man den kosmischen Zweig der Volkswirtschaft effektiv gestalten kann. Doch eine richtige Arbeitsorganisation und eine rationelle Nutzung der Errungenschaften der Raumfahrt – wie das heute schon geschieht – werden die kosmische Wirtschaft in den nächsten Jahren zu einem der ertragreichen, wenn nicht zum ertragreichsten Posten der Volkswirtschaft werden lassen.

Weitgespannte Umgestaltung der Natur

Die folgende Entwicklungsetappe der kosmischen Wirtschaft wird durch einige neue Besonderheiten gekennzeichnet sein.

Vor allem wird eine bedeutende Erweiterung unserer Kenntnisse über die Natur dazu gehören. Das wird grundlegende Probleme der theoretischen Physik lösen helfen und so mit zu qualitativen Veränderungen in der gesamten Produktion führen.

Es wird möglich werden, eine Theorie (oder Hypothese) der Struktur der Erde und der anderen Planeten zur Gewinnung von Bodenschätzen in großen Tiefen auszuarbeiten, ebenso eine allgemeine Theorie (oder Hypothese) der Entstehung und Entwicklung von Leben, für die Ausarbeitung von Methoden zur Einflußnahme auf die Natur, die Pflanzen und Tiere sowie auf den Menschen in der für ihn erforderlichen Richtung sowie eine Theorie (oder Hypothese) über die Gesetzmäßigkeiten bei der Entwicklung des sozialen Lebens im Weltraum, über die objektiven Wege zur Entwicklung des Intellekts zwecks Bestimmung der Aufgaben der Menschheit bei der Erschließung des Weltraums und der Himmelskörper.

Transkontinentales Transportsystem

Eine weitere Besonderheit dieser Etappe besteht in der Schaffung eines globalen Informations- und Leitsystems auf der Basis kosmischer Mittel, der EDV sowie anderer hochmoderner Ausrüstungen. Solch ein System wird die Voraussetzung für die Schaffung eines automatisch gesteuerten transkontinentalen Transportsystems in der Luft, im Weltraum und auf dem Meere zur Beförderung von Reisenden und Gütern, für die Entwicklung einer hoch-kybernisierten, zentral gesteuerten und sich unabhängig vervollkommenden Produktion sein. Die Erde wird als ein einheitliches physikalisches System erforscht werden, man wird Verfahren für zweckmäßige Veränderungen der sich in der Erde abspielenden Prozesse und für die Steuerung dieser Prozesse entwickeln.

Ansiedlung von Menschen

Eine Besonderheit der Weiterentwicklung der kosmischen Wirtschaft wird in der Nutzung des Weltraums, der Himmelskörper des Sonnensystems und künstlicher kosmischer Objekte als gewaltige physikalische Laboratorien für Experimente, die auf der Erde gefährlich oder unmöglich sind, bestehen.

Und schließlich wird eine Produktion zur Förderung von Rohstoffen und eine verarbeitende Produktion im Welt-raum und auf den Himmelskörpern zur materiellen Versorgung der Weltraumanlagen geschaffen werden.

Die abschließende Etappe in der Entwicklung der kosmischen Wirtschaft ist mit der Ansiedlung von Menschen auf den Planeten des Sonnensystems und deren Satelliten verbunden. Auch auf dieser Etappe wird die Erde weiterhin das natürliche und nicht nur das historische Zentrum der Menschheit bleiben. Offensichtlich bedarf es vorerst keiner weiteren Prognose für einen darüber hinausgehenden Zeitraum. Eines ist klar – uns erwarten erstaunliche Entdeckungen und eine stürmische Entwicklung der kosmischen Wirtschaft. Das alles wird die Macht des Menschen über die Natur unermesslich verstärken.

A. Kowal, Vizepräsident der Internationalen Astronautischen Kommission der FAI, im „Awiazija i kosmonawtika“ Nr. 4/1971, nach PdSU 55/71.

Meteoritenaufsturz oder Vulkanismus?

Auf der zweiten Mond-Konferenz in Houston im Januar 1971 stand vor allem die Entstehung der Mondkrater zur Diskussion. Die meisten Redner entschieden sich für eine Entstehung durch Meteoritenaufsturz. Vor allem für die kleineren Mondkrater, einschließlich der auf den Mondsteinen festgestellten Mikrokrater, ist eine Entstehung durch Meteorite so gut wie gesichert. Die großen Krater, auch die Mondmare, wurden möglicherweise ebenfalls durch Meteorite ausgelöst, jedoch schlossen sich bei ihnen offenbar vulkanische Vorgänge an. Die Mare beispielsweise sind kaum anders zu erklären als durch das Überfluten und das nachfolgende Erstarren von Lavaergüssen.

J. Classen

Meteorite als Strahlungsforscher

Zwei Fragen beschäftigen die Astrophysiker u. a. seit geraumer Zeit: Ist die in unser Planetensystem, insbesondere in die Umgebung der Erde eindringende galaktische kosmische Strahlung von gleichbleibender Intensität oder nimmt sie mit der Entfernung von der Sonne zu oder ab? Und zweitens: Bis zu welcher Entfernung tritt der Sonnenwind mit der galaktischen kosmischen Strahlung in Wechselwirkung?

Unter galaktischer kosmischer Strahlung versteht man eine Teilchenstrahlung mit sehr hohen Energien. Die Teilchen sind hauptsächlich Protonen, die sich fast mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Sie stammen von Strahlungsquellen, die jenseits unseres Sonnensystems, aber noch innerhalb der Milchstraße, unserer Galaxis liegen.

Unter Sonnenwind versteht man ebenfalls eine hochenergetische Teilchenstrahlung, die überwiegend aus Protonen besteht, aber von der Sonne ausgesandt wird.

Meteoritenimilation

Die erste Frage halfen Kernphysiker sowie Meteoritenfachsleute zu beantworten. Dafür stellten Kernchemiker eine sogenannte Trefferplatte (Target) her. Diese Platte enthielt die gleichen chemischen Elemente, aus denen auch die Meteoriten bestanden, die bis zur Erde gelangten und chemisch analysiert worden waren. Sodann wurde diese Platte in einem Teilchenbeschleuniger des Vereinigten Kernforschungsinstituts in Dubna mit Protonen hoher Energien bombardiert. Die hier vonstatten gehenden Prozesse glichen dem kosmischen Protonenbombardement auf natürliche Meteoriten. Die Protonen trafen mit Energien von etwa 100 Millionen bis 20 Milliarden Elektronenvolt (eV) auf. Dabei liefen in dem künstlichen Meteoriten ähnliche Prozesse ab wie in natürlichen Meteoriten im Kosmos.

Der nächste Schritt bestand darin, mit diesen Kunstmeteoriten-Ergebnissen ein Modell zu schaffen, das auch die Zeit berücksichtigte, während der sich ein Meteorit im Raum bewegt und von kosmischen Protonen beschossen wird. So studierten Astrophysiker jene kernphysikalischen Prozesse, die sich in Meteoriten verschiedener Größe und Zusammensetzung sowie in einer bestimmten Zeit vollziehen. Das half, theoretisch begründete Vorhersagen zu treffen. Die so gewonnenen Meßwerte und danach aufgestellten Hypothesen stimmten mit Meßergebnissen der automatischen Stationen Venus 2 und Sonde 3 überein! Venus 2 (Start: 12. November 1965) bewegte sich in Richtung zur

Sonne hin, die Station Sonde 3 (Start: 18. Juli 1965) von der Sonne fort, auf einer Bahn, die zwischen Erde und Mars verlief. Beide Stationen übermittelten Daten, nach denen die galaktische kosmische Strahlung in der Nähe der Erde nur etwa halb so stark ist wie im Bereich zwischen der Mars- und Jupiterbahn, dem Herkunftsort der meisten Meteoriten. Die galaktische kosmische Strahlung nimmt also mit der Entfernung von der Sonne zu. Von einer bestimmten Grenze an behielt sie – zumindestens in dem beobachteten Zeitraum zwischen den Jahren 1959 und 1970 – eine gleiche Intensität! Im irdischen Raum dagegen schwankt die Intensität, so daß man bisher annehmen konnte, die galaktische kosmische Strahlung sei gewissen Schwankungen unterworfen.

Warum schwankt die Intensität im irdischen Raum?

Man fand bald heraus, daß die Intensitätsschwankungen der galaktischen kosmischen Strahlung mit der Sonnenaktivität zusammenhängen. Die Sonne stößt ununterbrochen ein Gas, einen Plasmastrahl geladener Teilchen aus, Dieser Teilchenstrom, der sogenannte Sonnenwind, trägt turbulente Magnetfelder mit sich und bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 300 bis 400 km/s durch den Raum. Dabei „umbläst“ er das Gebiet der Erde und verdrängt mehr oder weniger stark die aus der Galaxis einströmenden hochenergetischen Protonen. Infolgedessen erhöht sich in Jahren ruhiger Sonne die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung und verringert sich in Jahren erhöhter Sonnenaktivität.

Mit dieser Erkenntnis tauchte jedoch gleichzeitig eine neue Frage auf, nämlich: Wieweit reicht der Einfluß der Sonne in den Raum? Theoretiker waren bisher sehr unterschiedlicher Meinungen und gaben dafür 2 bis 100 astronomische Einheiten Entfernung an, das sind rund 300 Millionen bis 15 Milliarden Kilometer. Anders ausgedrückt heißt das, der Sonnenwind reicht entweder etwas weiter als bis zum Mars oder sogar zweieinhalbmal soweit wie bis zum fernsten Planeten des Sonnensystems, dem Pluto. Eine genauere Antwort hierauf wäre nicht nur vom erkenntnistheoretischen Standpunkt aus interessant, sondern wäre auch für die weitere Planung der Raumfahrt von praktischem Nutzen.

Hier helfen nun die natürlichen „Raumsonden“, die zur Erdoberfläche gelangten Meteorite, zu neuer Erkenntnis. Die Meteorite werden im Raum ständig von kosmischen Strahlen bombardiert, ähnlich wie das bei den Versuchen in einem Teilchenbeschleuniger in Dubna geschah. Dabei entstehen – je nach Art und Energie der kosmischen Partikel – unterschiedliche radioaktive Isotope. Aus der Menge der entstandenen radioaktiven Isotope kann man Rückschlüsse ziehen auf die zeitlichen und räumlichen Veränderungen der kosmischen Strahlung sowie auf die Struktur des Magnetfeldes in verschiedenen Gebieten des kosmischen Raumes.

An der Grenze des Sonnenwindes

Auf diese Weise ließ sich auch – wie Professor Augusta Lawruchina mitteilte – mit großer Genauigkeit der Bereich feststellen, in dem die Sonnenaktivität keinen Einfluß mehr auf die Isotopenaktivität in den Meteoriten ausübt. Die Analyse der Angaben über den Isotopengehalt in zehn verschiedenen Steinmeteoriten, die zwischen 1959 und 1970 zur Erdoberfläche gelangten, führten zu der Schlussfolgerung, daß die Grenze der Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und galaktischer kosmischer Strahlung in etwa zwei astronomischen Einheiten von der Sonne zu finden sei. In dieser Entfernung – im Raum zwischen Mars und Jupiter – existiert der sogenannte Planetoidengürtel, ein System aus schätzungsweise 40000 bis 50000 kleinen Himmelskörpern. Infolge der relativ häufigen Zusammenstöße solcher Planetoiden komme es zur „Verdampfung“ von Materie und damit – wie Professor Lawruchina erklärte – zu Bildung eines turbulenten Gases. Dieses Gas würde vom Sonnenwind ionisiert – wodurch wiederum turbulente Magnetfelder entstünden. Auf diese Weise bilde sich ein „magnetischer Schirm“, in dem die galaktische ebenso wie die solare Strahlung wie in einer Falle vorübergehend eingefangen werde. Diese Falle sei – das berichtete Leonti Mirotschnitschenko – 2 bis 3 astronomische Einheiten (300 Millionen bis 450 Millionen Kilometer) von der Sonne entfernt.

Der Lost-City-Meteorit als Zeuge

Dieser Ansicht sowjetischer Gelehrter gibt die Analyse eines am 3. Januar 1970 nahe dem amerikanischen Ort Lost City niedergegangenen Meteoriten recht. Bahn und Herkunft dieses Meteoriten konnten genau ermittelt werden, weil die Bahn dieses Himmelskörpers, als er in die Erdatmosphäre eintrat, von mehreren Kameras an verschiedenen Orten neun Sekunden lang verfolgt worden war. (Aus den Informationen ermittelten Computer übrigens auch den Aufschlagort auf der Erde. Sechs Tage später wurde der Meteorit 800 m von der errechneten Aufschlagstelle entfernt gefunden.)

Aus der Bahnrekonstruktion und der Isotopenanalyse des gefundenen Körpers war herauszulesen, daß die solare wie galaktische kosmische Strahlung den Lost-City-Meteoriten nahe dem sonnenfernsten Punkt seiner Bahn (also im Planetoidengürtel) doppelt so stark bombardiert hatte, als in den 35 Tagen vor seiner Kollision mit der Erde. Der Berechnung liegen deshalb 35 Tage zugrunde, weil Kernphysiker u. a. den Gehalt des strahlenden Isotops Argon-37 im Meteoriten maßen. Argon-37 hat eine Halbwertszeit von 35 Tagen. In dieser Zeit ist die Hälfte einer bestimmten Menge des Argon-37 zerfallen. Aus der vorhandenen Menge und der Intensität der Argon-37-Strahlung konnte die Strahlungseinwirkung auf den Meteoriten während der letzten 35 Tage seiner kosmischen Existenz berechnet werden.

Sowjetische Wissenschaftler hatten zehn innerhalb von elf Jahren zur Erde gelangte Steinmeteoriten auf die Aktivität des Radioisotops Natrium-22 hin untersucht und waren zu gleichen Ergebnissen gelangt.

Konzentriert man sich auf Isotope mit längerer Halbwertszeit und ist die Bahn eines Meteoriten bekannt, so lassen sich über Milliarden Jahre hinweg Rückschlüsse ziehen, ob und in welchem kosmischen Raum sich in dieser Zeit die Strahlung geändert hat. Die Aktivität der Radioisotope hängt von der Intensität der Partikelstrahlung, von

der Anhäufungszeit des jeweiligen Isotops sowie von der Wahrscheinlichkeit seiner Bildung durch verschiedene Kernreaktionen ab. Aus all diesen Erkenntnismöglichkeiten ist abzulesen, daß die Meteoriten im Verlauf der letzten 4,5 Milliarden Jahre keine nennenswerten Wandlungen erfahren haben. Daraus wiederum kann man ableiten, daß sich die Sonne seit mehr als viereinhalb Milliarden Jahren in einem Gleichgewichtszustand befindet, daß sich in ihr seit dieser Zeit ständig ähnliche Prozesse wie gegenwärtig abspielen.

Dazu gehört auch eine erst vor kurzem entdeckte Erscheinung. Solche magnetischen Fallen, wie sie im Planetoidengürtel vorkommen, bilden sich auch zu Zeiten vermehrter Sonnenaktivität durch ausgestoßenes Plasma in der Nähe der Sonne. In ihnen verfangen sich Partikel des Sonnenwindes (Protonen) und treiben in den Raum. Je weiter sie sich von der Sonne entfernen, um so mehr dehnen sich die Plasmawolken aus, und die in ihnen gespeicherten hochenergetischen Teilchen verlieren an Energie. Gerade während der vergangenen zehn Jahre wurden jedoch Plasmawolken festgestellt, die mit Protonen und Elektronen hoher Energien „angefüllt“ waren. Das erschien zunächst als Widerspruch zur bisherigen Theorie. Auf der Allunionskonferenz des Physikalischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau gab dazu German Ljubimow eine plausible Erklärung.

Wände im Kosmos

Bei erhöhter Sonnenaktivität erzeugen die Gasausbrüche (Eruptionen) auf der Sonne eine Stoßwelle im Sonnenwind. Diese Stoßwelle drückt das Plasma des Sonnenwindes zusammen und verstärkt in diesem Abschnitt des Sonnenwindes das Magnetfeld. Der Stoßwelle folgt in einiger Entfernung ein verstärkter Plasmaström, der ebenfalls ein Magnetfeld mit sich führt. Auf diese Weise entstünden, so berichtete Ljubimow, im Weltraum zwei magnetische „Wände“, die für eine bestimmte Zeit Protonen „gefangen“ halten. Nähern sich diese Magnetwände der Erde, werden sie schwächer und für die Protonen „durchlässiger“. Die Wände „leeren“ ihren Inhalt aus und im weit höheren Maße als sonst üblich gelangen solare Protonen in das Magnetfeld der Erde. So seien die zwei plötzlichen Anstiege registrierter Teilchen im Erdmagnetfeld erklärbar. Der erste Anstieg erfolge, ehe die Stoßwelle eintrifft, der zweite nach ihrem Durchgang. Ein solches Modell habe sich auf Grund der Analyse jener Meßwerte ergeben, die die Station Venus 6 im März/April 1969 zur Erde übermittelte.

Damit läßt sich auch eine weitere Erscheinung erklären. Manchmal wird eine Stunde, bevor die Stoßwelle im erdnahen Raum eintrifft, auf der Erde ein verstärkter Strom galaktischer kosmischer Strahlung registriert. Wie spezielle Untersuchungen dazu ergaben, reflektiert die solare Stoßwelle die galaktischen Strahlungspartikel und beschleunigt sie um einen geringen Betrag. Diese Beschleunigung reicht aber aus, daß die galaktischen Partikel eher gemessen werden als die Stoßwelle, deren Eintreffen den Beginn eines geomagnetischen Sturms ankündigt.

Mit all diesen Erkenntnissen trugen sowjetische Wissenschaftler wesentlich zu einer weiteren Vertiefung unseres materialistischen Weltbildes bei.

Dieter Hannes im „ND“ vom 27. 3. 1971 nach Berichten von Prof. Augusta Lawruchina, Doktor der chemischen Wissenschaften, und Leonti Miroshnitschenko, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, sowie Beiträgen verschiedener Wissenschaftler auf der Allunionskonferenz des Physikalischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau.

Berichtigung

In Heft 5/70 muß es auf S. 137 in der zehnten Zeile statt Sternwinkel richtig heißen: Stundenwinkel des Frühlingspunktes.

Auf S. 138 muß es nach der Formel (2) richtig heißen: ... von der geographischen Länge ... (vergleiche dazu Tabelle 3).

Zu verkaufen:

„Sirius“, Jahrg. 1925; „Die Sterne“, Jahrg. 1927–30, 1948–70; „Astronomische Rundschau“, Jahrg. 1960 und 1961; „Astronomie und Raumfahrt“, Jahrg. 1964, 1967–70; „Kalender für Sternfreunde“, Jahrg. 1950–70. Ferner eine Anzahl unvollständiger Jahrgänge sowie astronomische Bücher. Jeder vollständige Jahrgang wird nur geschlossen abgegeben. Preis nach Übereinkunft. Anfragen erbeten an Ilse Schütz, 611 Hildburghausen, Bergerweg 2.

Buchbesprechungen

Flieger-Jahrbuch 1971

In fünf Beiträgen (auf 37 Seiten) wird Wissenswertes aus der Raumfahrt mitgeteilt. Prognostischen Problemen sind die Beiträge von H. Pfaffe (Das nächste Jahrzehnt der Raumfahrt — Probleme und Prognosen) und H. Mielke (Erkundung der Erde aus dem Weltraum) gewidmet. Während im Mittelpunkt des letzteren die Anwendung von Satelliten für geodätische, geographische, geologische, meteorologische und ozeanographische Forschungen und Erkundungen steht, befaßt sich Pfaffes Beitrag mit Fragen der Nachrichtensatelliten — Technik, künftiger Triebwerke sowie des wirtschaftlich-kommerziellen Raumfahrtnutzens. Nicht richtig ist es dabei, Nachrichtensatelliten in passive, aktive und synchrone einzuteilen (S. 11). Vielmehr muß man zwischen aktiven und passiven nach der Signalverarbeitung am Satelliten, synchrone und nichtsynchrone nach der Bahnlage unterscheiden. Beide können prinzipiell sowohl passiv oder aktiv sein. Die Berichterstattung über die Ergebnisse der sowjetischen Raumfahrt in den früheren Ausgaben des Jahrbuches setzen Prof. Blagonrawow und J. Salzew mit ihrem Beitrag „Aus der sowjetischen Raumfahrtforschung in den Jahren 1968/69“ fort, in dessen Mittelpunkt Ergebnisse der Kosmos-Satellitenserie sowie der bemannten Raumfahrtprogramme stehen. „Über den biologischen Strahlenschutz in der Raumfahrt“ nennt sich ein Beitrag von Dr. Jahne-Liersch, während sich W. Hempels Artikel „Raumfahrt und Raketenentwicklung am Stillen und Indischen Ozean“ mit den Weltraumaktivitäten Australiens und Japans befaßt.

Druck und Aufmachung des Jahrbuches sind ausgezeichnet, die Beiträge sind gut illustriert. H. D. Naumann

H. A. F. Schmidt (Verantw. Herausgeber): Flieger-Jahrbuch 1971. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 167 Seiten, 15 M.

Veränderliche Sterne

Im Jahre 1639 wurde durch Holwarda mit o Ceti (Mira) der erste „normale Stern“ als veränderlich erkannt. 30 Jahre später entdeckte Montanari die Veränderlichkeit von Beta Persel (Algol) und 200 Jahre nach der ersten Entdeckung war die Zahl der bekannten Veränderlichen auf 17 angestiegen. 1912 kannte man bereits 4000. Bis heute wurden allein an der Sternwarte Sonneberg, deren Direktor Prof. Dr. C. Hoffmeister (der Autor des vorliegenden Buches) war, mehr als 10000 Veränderliche entdeckt. Besonders durch die Einführung der Fotografe in die beobachtende Astronomie und die damit ermöglichten systematisch durchgeführten Überwachungsprogramme wuchs die Zahl der gefundenen veränderlichen Sterne sprunghaft.

Die eingehende Beschäftigung mit dem Lichtwechsel zeigte sehr bald, daß es viele grundverschiedene Typen bei den Veränderlichen gibt. Die Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, in denen Lichtkurven und Daten einzelner Veränderlicher mitgeteilt wurden, ist sehr groß. Aus diesem Grunde möchte der Autor, wie er im Vorwort zum Ausdruck bringt, und wie es von dem Buch voll und ganz erfüllt wird, eine umfassende Darstellung des Problems auch für die mit entsprechender Vorbildung ausgestatteten Freunde der Astronomie geben.

Diese Absicht kommt ganz besonders deutlich im ersten Kapitel des Buches (Allgemeine Hinweise) zum Ausdruck. Dieser Teil enthält in gedrängter Form eine Erläuterung wichtiger Grundbegriffe, die das Verständnis der späteren Teile der Darstellung wesentlich erleichtern. Hier wird definiert, was ein Veränderlicher ist und etwas zur Geschichte der veränderlichen Sterne gesagt. Auf wenigen Seiten — bei der Thematik des Buches können diesen Problemen gar nicht mehr zugestanden werden — werden dann astronomische Grundbegriffe allgemeiner Natur erklärt. Hier kann der Leser etwas erfahren über die Strahlung der Sterne, über die verschiedenen Helligkeiten, über Spektralklassen, das Hertzsprung-Russell-Diagramm usw..

Dann kommt der Autor innerhalb der allgemeinen Hinweise zur eigentlichen Thematik der Veröffentlichung, denn unter der Überschrift „Lichtkurven und Perioden“ kann der interessierte Leser Kenntnisse über Probleme der Phasenrechnung und die Bestimmung der Elemente des Lichtwechsels erwerben. Die Methode der kleinsten Quadrate für die rechnerische Ausgleichung der Beobachtungen wird der einfacheren grafischen Ausgleichung gegenübergestellt. Zur Durchführung der Rechnungen zur Elementenbestimmung müssen die Tage fortlaufend gezählt werden; deshalb erklärt ein Abschnitt des Buches das Julianische Datum als Zeitangabe.

Nach diesen einleitenden und vor allem dem Nichtfachmann helfenden allgemeinen Hinweisen kommt das Kernstück des Buches, die „Typologie“ der Veränderlichen. Entsprechend den modernen Erkenntnissen der Astrophysik, wonach die Veränderlichkeit der Sterne im allgemeinen kein Ausnahmezustand ist, sondern eine normale Phase der Sternentwicklung, und sich demzufolge Beziehungen zum Alter der Sterne ergeben, beginnt die Darstellung der verschiedenen Typen mit den jüngsten und wird mit den älteren veränderlichen Sternen fortgesetzt.

So wird mit den „Instabilen Sternen am Anfang der Entwicklung“ begonnen. Es handelt sich hier um die RW-Aurigae-Sterne und ihnen ähnliche Formen. Als fotometrisches Kennzeichen dieser Sterngruppe gilt: rascher, regelloser Lichtwechsel, wie man in den dargestellten Lichtkurven, die vielfach das Ergebnis der Beobachtungen des Autors selbst sind, leicht ablesen kann. Es wird über das Allgemeine der Lichtkurven sowie über das typische Verhalten einzelner Sterne berichtet. Da es sich um junge Sterne handelt, befinden sie sich noch sehr nahe am Ort ihrer „Geburt“, und die Bindung der RW-Aurigae-Sterne an Assoziationen kann heute als erwiesen gelten; genauso, wie man sie auch oft in unmittelbarem Zusammenhang mit interstellarer Materie beobachtet, aus der die Sterne entstanden sind. Auch diese Probleme werden entsprechend berücksichtigt.

Als Zweites werden die Pulsationsveränderlichen behandelt. Hier spielen die Delta-Cephei-Sterne eine besondere Rolle, bei denen die Periodenlänge eine Funktion der Leuchtkraft ist. In den Ausführungen wird erläutert, wie

durch die Pulsationen (Radiusänderungen) die Helligkeitsänderungen als Zusammenspiel von Oberflächen- und Temperaturänderungen zustande kommen. Es wird auch die Korrelation der Variabilität der Helligkeit mit der des Radius, der Temperatur und des Spektraltyps gezeigt. Abschließend werden noch einige Sonderfälle behandelt. Auch die RR-Lyrae-Sterne gehören in die Familie der Pulsationsveränderlichen. Die Perioden der RR-Lyrae-Sterne sind kürzer als die der Delta-Cephei-Sterne. Am häufigsten kommen bei den RR-Lyrae-Sternen Perioden um 0,5 Tagen vor. Mit dem Lichtwechsel ist eine Spektrumsänderung korreliert. Bei diesem Typ wird manchmal auch eine periodische Änderung der Lichtkurve beobachtet. In dem Buch kann man sich auch über die Zustandsgrößen dieser Veränderlichen informieren.

Weitere Pulsationsveränderliche, über die berichtet wird, sind die Delta-Scuti- und die Beta-Canis-Majoris-Sterne. Vielen Freunden der Astronomie sind die Mira-Veränderlichen bekannt. Es sind langerperiodische Variable. Es kommen Perioden von 60 Tagen vor, aber auch solche von mehreren 100 Tagen (der Stern S Cen hat sogar eine Periode von 1730 Tagen). In Hoffmeisters Buch erfährt der Leser nicht nur etwas über die Perioden, sondern auch über deren Spektren, über die Lichtwechsel, über die Periodenänderungen und über die Zustandsgrößen. Neben der Behandlung der Beobachtungsdaten wird aber auch, obwohl es noch keine erschöpfende Erklärung dafür gibt, über die Ursachen des Lichtwechsels gesprochen.

In diesem Kapitel werden auch die roten halbgelmäßigen und unregelmäßigen Veränderlichen behandelt.

Auch die interessanten und seltenen Novae und noch selteneren Supernovae, die bei ihren Helligkeitsausbrüchen eine um 10 bis 13 Größenklassen bzw. um etwa 19 Größenklassen größere Helligkeit gegen ihr „Normalleuchten“ erreichen können, zählen zu den veränderlichen Sternen. Diese Objekte gehören zu den Eruptionsveränderlichen, wie auch die U-Geminorum-Sterne. Über diese Typen wird ebenfalls ausführlich informiert. Dem Aufbau des Buches entsprechend wird auch zur Ursache der Helligkeitsausbrüche Stellung genommen. Abschließend wird ein Verzeichnis von Novae gegeben, deren Wiederaufleuchten zu erwarten ist.

Unter der Überschrift „Weitere physikalische Veränderliche“ werden die R-Coronae-Borealis-Sterne, symbiotische Sterne (oder auch Kombinationsvariable, ein typischer Vertreter ist Z And, dessen Lichtkurve in einer Abbildung gegeben ist), Be- und Hüllensterne, sowie Veränderliche geringer Amplituden (z. B. Ap- und Am-Sterne, die ungewöhnlich starke Spektrallinien bestimmter Elemente enthalten, Ap: Metallinen, Am: Seltene Erden; die Amplituden liegen bei 0,1 Größenklasse und darunter) behandelt.

Als letzte Gruppe werden dann die Bedeckungsveränderlichen besprochen, bei denen der Lichtwechsel durch die gegenseitige Abschattung im Doppelsternsystem zustandekommt. Deshalb werden in diesem Zusammenhang auch erst einmal die geometrischen Verhältnisse betrachtet (totale oder partielle Bedeckung usw.). Anhand einer Abbildung wird z. B. sehr gut erläutert, wie unterschiedlich Lichtkurven von Algolsternen aussehen können (Form und Tiefe der Minima) und wie hier die geometrischen Verhältnisse von Bedeutung sind. Einige besonders bemerkenswerte Bedeckungsveränderliche werden dann noch extra herausgegriffen.

Der Amateur wird für eine Liste von Veränderlichen dankbar sein, deren Maximumhelligkeit über 6,0 Größenklassen liegt und deren Amplitude größer als 0,25 Größenklassen ist. Neben der Angabe der Maximums- und Minimumhelligkeit findet er die Angabe des Typs, die Periodenlänge und die Spektralklasse im Maximum. Insgesamt enthält die Liste 72 Objekte.

Weiterhin kann sich der Leser über Veränderliche in Sternhaufen und extragalaktischen Sternsystemen informieren.

Wer sich schon mit der Beobachtung von Veränderlichen beschäftigt hat, oder dies in Zukunft tun will, findet zahlreiche Hinweise und Ratschläge für seine Arbeit im Kapitel „Beobachtungen“. Hier wird die Stufenschätzmethode von Argelander und die Bearbeitung der Stufenbeobachtungen eingehend dargestellt, sowie eine Einschätzung der Beobachtungsfehler gegeben. Wichtig für die Feststellung, des Lichtwechsels eines Variablen ist die Gewinnung der Helligkeit der Vergleichsterne. Darum ist auch dieser Fragestellung ein Abschnitt gewidmet.

Die heute bekannten Veränderlichen sind entweder das Ergebnis von Zufallsentdeckungen, oder in viel größerem Umfang durch systematische Suche (Felderpläne) gefunden worden. Eine wichtige Frage ist, ob ein Veränderlicher beim Vergleich von 2 oder mehreren Platten des gleichen Feldes gefunden wird oder nicht, d. h. wie groß seine Entdeckungswahrscheinlichkeit ist. Diese hängt natürlich von verschiedenen Faktoren (u. a. der Helligkeit, der Amplitude, der Periodenlänge usw.) ab. Über dieses wichtige Problem kann sich der Leser ebenfalls ausführlich informieren.

Im Zusammenhang mit der Organisation der Arbeit auf dem Gebiet der veränderlichen Sterne wird ganz besonders die Möglichkeit der Mitarbeit der Amateure betrachtet.

Im abschließenden Kapitel werden die Veränderlichen im Zusammenhang mit den wichtigen und interessanten Fragen nach dem Bau der Galaxis und der Sternentwicklung betrachtet. So kann man in einer Abbildung z. B. sehen, wo die verschiedenen Variablentypen im Hertzsprung-Russell-Diagramm liegen.

Das umfangreiche Literaturverzeichnis wird für den Amateur wie den Fachmann gleichermaßen wertvoll sein, denn es enthält sowohl Hinweise auf Sternkataloge und Karten, als auch auf zusammenfassende Handbuchartikel und Originalveröffentlichungen, die im Text bereits Erwähnung gefunden hatten.

Mit dem vorliegenden Buch von Prof. Dr. Hoffmeister liegt eine Monographie über die Veränderlichen Sterne vor, die von einem der bedeutendsten Astronomen auf dem Gebiet der Veränderlichenforschung geschrieben worden ist. Der Autor hat nicht nur selbst zahlreiche Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet erzielt, sondern dank seiner Initiative ist die Sternwarte Sonneberg entstanden, an der unter seiner Anleitung viele Mitarbeiter an dieser Thematik arbeiten und arbeiten. Zwei dieser Mitarbeiter (Dr. G. Richter und Dr. W. Wenzel) haben die vom Autor selbst nicht mehr durchführbaren Arbeiten (Vorlagen von Abbildungen und andere technische Einzelheiten) zu Ende geführt und so ihren Anteil am Erscheinen dieses wichtigen Werkes, das nicht nur eine Abrechnung über den Stand des Wissens über die Veränderlichen gibt, sondern auch zu weiteren Arbeiten hinsichtlich der Beobachtung und der Theorie anregt.

Dr. S. Marx

Prof. Dr. Cunó Hoffmeister: Veränderliche Sterne. 214 Seiten mit 104 Abb. und 38 Tabellen. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1970. Leinen 36 M.



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

Kulturpolitische und fachliche Aufgaben für den astronomischen Teil der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ · Eine Konzeption · Dr. Siegfried Marx, OMR Dr. Karl Sigmund, Heinz Albert	65
Der Weltraum — ein Laboratorium der Erde · Akademiemitglied A. Blagonrawow und Ing. I. Saizew	66

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Regionaltagung in Magdeburg	69
Tätigkeitsberichte 1970 der Fachgruppen Zittau, Kurort Jonsdorf, Sohland, Radebeul, Radeburg und Pirna des Bezirksfachausschusses Dresden	70

Amateure beobachten und berichten

Zur Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie und deren Auswertung · Edith Zschau	73
Hinweise und Aufforderung zur Beobachtung des Großen Roten Fleckes auf Jupiter	
Hans-Joachim Blasberg	83

Aus der Literatur

Fester Wasserstoff auf dem Jupiter? — Nach Lunochod: Ein Schreitrobter	84
Kosmische Strahlung als Lichtblitze gesehen — Flexible Solarzellengeneratoren für die Raumfahrt — Achtfachstart	85
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	86

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Über die Berechnung der Lebensdauer von Erdsatelliten · W. Strubell	89
Probleme der Raumfahrtmedizin	95
Satellitenfernmeldedienste	96
(Kommerzielles Fernmelde-Satellitensystem INTELSAT — Internationale Fernmelde-satellitenverbindungen Kanadas — Kanadische Inland-Fernmelde-satellitenverbindungen — Fernmelde-satelliten-Bodenstation Tangua, Brasilien — Iranische Fernmelde-satelliten-Bodenstation — Betriebsdienst der italienischen Fernmelde-satelliten-Bodenstation — Satellitenfernmeldeverbindungen Großbritanniens — Internationale Fernmeldeverbindungen Australiens — Inlandfernmeldeverbindungen in Australien — Meteorologische Satelliten — Meteorologischer Satellitendienst in Australien — Forschungen französischer Satelliten auf den Gebieten der ionosphärischen und magnetosphärischen Physik — Satelliten-Weltraumforschung — Wetterbilder von Satelliten)	

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft; Redaktion: Herbert Pflaß (Chefredakteur); Prof. Dr. Joh. Hoppe; Dr. Siegfried Marx; OMR Dr. Karl Sigmund; Heinz Albert; 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 1971 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustelgebühren 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: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Kulturpolitische und fachliche Aufgaben für den astronomischen Teil der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“

Eine Konzeption

In Übereinstimmung mit den kulturpolitischen Aufgaben des Deutschen Kulturbundes, dessen Zentraler Fachausschuß Astronomie der Herausgeber der Zeitschrift ist, bildet sie eine wesentliche Quelle sowohl für die fachliche Information und die Qualifizierung der in den Fachgruppen Astronomie arbeitenden Amateurastronomen, als auch für deren Beschäftigung mit philosophisch-weltanschaulichen Fragen, wie sie gerade die Ergebnisse der astronomischen Forschung aufwerfen und zu klären vermögen. Die Zeitschrift vermittelt ihren Lesern außerdem ein breites astronomisches Grundwissen, gibt den Fachgruppenmitgliedern und anderen Amateuren Anleitung für ihre praktische astronomische Tätigkeit, kommentiert und interpretiert die neuesten astronomischen Erkenntnisse, regt zum Meinungs- und Erfahrungsaustausch über die Fachgruppenarbeit an und fördert die kollektive und die selbständige Tätigkeit der Fachgruppenmitglieder und Amateure durch geeignete Beiträge und Berichte.

Mitarbeiter der Zeitschrift sind Fachastronomen und aktive Amateurastronomen.

Die Fachastronomen geben Beiträge über Themenkomplexe, die zum gesicherten astronomischen Grundwissen gehören, und andere, die über den neuesten Stand der Forschungsergebnisse informieren. Sie sichten dafür auch die wesentliche Fachliteratur des Auslandes und referieren geeignete Beiträge. In Zusammenarbeit mit Gesellschaftswissenschaftlern (vor allem Philosophen) behandeln sie für die Amateurastronomen die Bedeutung der neuen astronomischen und kosmogonischen Einsichten für philosophisch-weltanschauliche Fragestellungen, insbesondere hinsichtlich der materiellen Einheit und der prinzipiellen Erkennbarkeit der Welt, der allgemeinen Gültigkeit der Entwicklungsgesetze der Materie am Beispiel der ständigen Entwicklung der kosmischen Objekte sowie der Erkenntnisse aus der Raum-Zeit-Lehre auf der Grundlage des dialektischen Materialismus. Ferner berichten Fachastronomen über die jeweiligen astronomischen Ergebnisse der Raumfahrt sowie Astrophysiker und Geophysiker über solar-terrestrische u. a. Erscheinungen.

Für die Anleitung der Fachgruppen bzw. jener Amateurastronomen, deren Entwicklung vom passiven zum aktiven Amateur geht, geben die Fachastronomen Empfehlungen über Aufgabenkomplexe, die von den Fachgruppen bzw. Amateurastronomen selbständig bearbeitet werden können und deren Lösung für die astronomische Forschung wichtig sein kann. Desgleichen werden die Amateure informiert über Arbeitsmethoden zur Gewinnung von Datenmaterial (einschließlich der Nutzung von Wissensspeichern — Karten — und Tabellenwerken) und über Methoden der Beobachtungsauswertung sowie über alle mit dem Aufbau und der Nutzung astronomischer Beobachtungsstationen zu erwerbender Kenntnisse und praktisch-technischer Fähigkeiten.

Die Fachgruppen und Amateurastronomen berichten in der Zeitschrift über die Ergebnisse ihrer Beobachtungstätigkeit (einschließlich des instrumentellen Einsatzes), über ihre volkswirtschaftliche und kulturpolitische Arbeit, über ihre Erfahrungen mit der Astrofotographie, stellen ihre Beobachtungsstationen vor und diskutieren theoretische und praktische Probleme der astronomischen Amateurarbeit.

Dr. Siegfried Marx — OMR Dr. Karl Sigmund — Heinz Albert

Der Weltraum — ein Laboratorium der Erde

Man wundert sich unwillkürlich, wie spärlich und ungenau noch vor kurzem unsere Kenntnisse über den Weltraum waren. Die erdabgewandte Seite des Mondes ähnelt z. B. in keiner Weise dem Bild, das sich die Astronomen viele Jahrhunderte lang von unserem natürlichen Erdtrabanten gemacht hatten.

Die gestarteten künstlichen Satelliten zeigten, daß wir nicht nur unseren nächsten Nachbarn schlecht kennen. Auch unseren eigenen Planeten haben wir nur sehr einseitig erforscht. Das ist natürlich, war es doch nicht möglich, unsere Erde aus großer Entfernung zu betrachten, so daß wir nicht einmal ihre nächste äußere Umgebung kannten. Das hatte zur Folge, daß wir ihre Besonderheiten mitunter über- oder unterbewerteten.

Vor dem Start der Sputniks glaubten viele Wissenschaftler, daß die Erde keinen Strahlungsgürtel habe. Heute dagegen kennt man sowohl seine Struktur als auch seine Abmessungen.

Einfluß der Sonnenaktivität

Das Magnetfeld unseres Planeten war zwar bekannt und man nahm an, sein Einfluß mache sich noch auf eine Entfernung von Millionen Kilometern geltend. Die Wirklichkeit jedoch ergab: Hatte sich ein Raumflugkörper mehr als 100 000 Kilometer von der Erde entfernt, wurde dieses Feld nicht mehr registriert. Es stellte sich heraus, daß es durch Sonnenwind deformiert wird. So bezeichnete man das von der Sonne ausgehende ununterbrochene Ausströmen von Plasma.

Die Wechselwirkung zwischen einem derartigen Strom und dem Magnetfeld der Erde ähnelt dem Vorgang, als ob ein stumpfer Körper, der sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegt, von Gas umströmt wird. Dabei bildet sich eine Stoßwelle — eine schmale Zone erhöhter Konzentration von Teilchen und deren Temperatur. Die von dieser Welle erfaßte Zone wird in entgegengesetzter Richtung zur Sonne ausgedehnt und bildet gleichsam eine Art Erdenspur im Weltraum. Die Dimension des Schwanzes wurde bisher noch nicht festgestellt, doch weiß man bereits, daß ihn der Mond bei seiner Rotation um die Erde schneidet.

Unter dem Einfluß der Solarwindböen verändern sich die Grenzen der Magnetosphäre, also die Anzahl der Strahlungsgürtelteilchen sowie die Zusammensetzung und die Dichte der oberen Atmosphäre. Es kommt zu Magnetstürmen, Polarlichtern und den damit zusammenhängenden Störungen der Funkverbindungen.

Solche geophysikalischen Erscheinungen wie Störungen der Ionosphäre und des Magnetfeldes, Polarlichter, die Struktur und Dynamik des Strahlungsgürtels der Erde dürfen nicht mehr isoliert voneinander betrachtet werden. Sie sind nur in enger Wechselwirkung und vor allem in Verbindung mit den verschiedenen Sonnenercheinungen zu verstehen.

Der Einfluß der Sonne im interplanetaren Raum ist bedeutend größer, als wir annahmen. Auf den Bahnen aller interplanetaren Stationen und während des gesamten Fluges wurde in jedem Fall Solarwind beobachtet. Im interplanetaren Raum existieren ebenfalls Magnetfelder solarer Herkunft. Ihre Spannung ist nicht groß, um so bedeutender aber ihre Rolle bei der Übertragung von Wechselwirkungen im interplanetaren Milieu selbst sowie zwischen den Sonnenplasmaströmen und den Planeten des Sonnensystems.

Entwicklung der Raketentechnik und Nutzung der Kosmosforschung

Völlig neue Möglichkeiten bot der Einsatz der Raketentechnik bei der Erforschung des Welt-raums. Gegenwärtig wissen wir über die obere Atmosphäre der Venus mehr als vor 13 Jahren über die obere Atmosphäre der Erde. Die Flüge der sowjetischen automatischen Venus-

Stationen vermittelten mehr Informationen als die vorangegangene Venusforschung während der gesamten Menschheitsgeschichte. Das gleiche kann vom Mond behauptet werden. Die weiche Landung automatischer Stationen auf dem Mond ermöglichte es, die Oberflächenstruktur sowie die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Mondgesteins zu untersuchen. Durch Mondsatelliten konnte man das Magnetfeld, die Meteoriten- und Strahlungsgefahr im mondnahen Raum sowie die Infrarot- und Gamma-Strahlung der Mondoberfläche untersuchen. Die erfolgreiche Landung von Lunochoď 1 ließ wissenschaftliche Experimente nicht nur am Landepunkt, sondern auch in unterschiedlicher Entfernung davon möglich werden.

Durch die Entwicklung der Weltraumtechnik wurden der Menschheit neue Wege der Erkenntnis der Welt eröffnet. Aber es geht nicht allein darum. Bereits heute bringen Raumflugkörper den Menschen unmittelbaren Nutzen. Mit den Sputniks wurden die Kenntnisse vom Gesamtaufbau unseres Planeten vertieft. Das erwies sich z. B. für die Arbeit der Geologen als überaus nützlich. Der Abstand zwischen den Kontinenten kann mit großer Genauigkeit gemessen und die tatsächliche Gestalt der Erde (das sogenannte Geoid) und deren Abweichung von der angenommenen durchschnittlichen Gestalt in den verschiedenen Gebieten wesentlich präzisiert werden. Man stellte einen bestimmten Zusammenhang zwischen derartigen Abweichungen und der Wärmestrahlung aus dem Inneren des Planeten fest. Es ergab sich, daß sich die Erde durchaus nicht im hydrostatischen Gleichgewicht befindet, wie man gemäß der Hypothese angenommen hatte, daß das Festland gleichsam auf plastischem subkrustalem Magma schwimme. Das führt zu völlig neuen Vorstellungen über die Lagerung von Bodenschätzen. Aufnahmen unseres Planeten von Sputniks aus liefern den Geologen Unterlagen, die sie für die Erkundung von Bodenschätzen benötigen. So ist bekannt, daß sich die verschiedenartigen Bodenschätze mit bestimmten Strukturtypen der Gesteinsschichten der Erdrinde verbinden, beispielsweise Erdöl und Gas mit konvexen und Wasser mit konkaven Strukturen. Und obwohl die Geologen unter Anwendung von terrestrischen Untersuchungsmitteln derartige Strukturen beschreiben, bestehen (in einigen Fällen) noch immer Zweifel an der Richtigkeit ihrer Feststellungen. Auch die Beobachtung aus der Luft kann nicht immer helfen, da die Höhe, bis zu der ein Flugzeug aufsteigt, nicht ausreicht. Hierzu sind Beobachtungen aus dem Weltraum erforderlich.

Beobachtungen und Messungen aus dem Weltraum sind auch für andere Zweige der Volkswirtschaft wichtig: Bis zur Hälfte wird die Hemisphäre sichtbar, und komplexe Beobachtungen von Senkungen und Erhebungen der Landschaft, der Entfernung oder Annäherung von Meeresküsten, der Fluß- und Seeufer können vorgenommen werden. Eine genaue hydromorphologische Karte wird es ermöglichen, die Veränderungen der Flußbette sowie Schwankungen des Wasserhaushalts bestimmter Bereiche und Gebiete vorauszusagen. Der auf der Basis von Orbitalstationen geschaffene internationale hydrologische Dienst wird die Möglichkeit bieten, erschöpfende Vorstellungen über die Wasserreserven unseres Planeten zu erhalten und Empfehlungen für ihre Nutzung zu erarbeiten. Dies gewinnt besondere Bedeutung, wenn man bedenkt, daß bereits heute viele Länder unter katastrophalem Wassermangel leiden und die Menschheit vor der ernststen Gefahr eines chronischen Durstes nach Wasser steht.

Früher verfolgte der Mensch die sich in der Atmosphäre abspielenden Prozesse nur von der Erdoberfläche aus. Heute ist es mit Hilfe von Wettersatelliten möglich, sie auch aus dem Weltraum zu beobachten und die globale Verteilung der Bewölkung zu untersuchen sowie die Strahlung, die von der Sonne in die Atmosphäre der Erde eindringt und umgekehrt von der Erde aus in den Weltraum gelangt, zu messen. Gerade der Einsatz von Satelliten im Dienst der Meteorologie zeigt sehr deutlich, wie die Erschließung des Weltraums dazu beiträgt, die Bedürfnisse der Menschen zu befriedigen. Im täglichen Leben spielt auch die Nutzung der kosmischen Nachrichtenübermittlung, besonders die Übertragung von Fernsehprogrammen und die Einrichtung von Mehrkanal-Telefonie- sowie Fernsichtbild- und Telegraphenverbindungen über Satelliten eine große Rolle.

Der Weltraum ist ein von der Natur geschaffenes großes, unerschöpfliches und unendlich vielfältiges Laboratorium für die Erde. In ständig steigendem Maße brauchen die modernen Wis-

senschaften Informationen aus dem Weltraum. Von der möglichst schnellen Entwicklung dieser Wissenschaften hängen unmittelbar das Wachstum der Produktivkräfte der Gesellschaft sowie der wissenschaftlich-technische Fortschritt überhaupt ab.

Folgende Beispiele zeigen, wie Aufgaben auf der Erde dank den Informationen aus dem Weltraum gelöst wurden. Durch die Anwendung von Strahlung, deren Stärke die primäre kosmische Strahlung um ein Vielfaches übersteigt, werden neue Polymerstoffe von erhöhter Resistenz (gegen Hitze, Feuer usw.) entwickelt. Superniedrige Temperaturen gelangen in der Nahrungsmittelindustrie, in der Funkelektronik, der Chemieindustrie, der Hüttenindustrie und in anderen Zweigen zur Anwendung. Hier sei auch die Ausarbeitung magneto-hydrodynamischer Methoden für die Umwandlung von Wärmeenergie in Elektroenergie erwähnt. In den MHD Generatoren wird anstelle sich bewegender mechanischer Teile Plasma verwendet, dessen Temperatur nur wenig unter der Temperatur der Sonnenoberfläche liegt.

Die Entwicklungsgeschichte der Zivilisation kennt viele Beispiele, in denen die praktische Tätigkeit und die Bedürfnisse des Menschen zur Ursache für das Entstehen neuer Wissenschaften und neuer Zweige der Technik wurden. Neue Technologien, Geräte und Aggregate, die für Sputniks, automatische interplanetare Stationen und Raumflugkörper geschaffen wurden, gelangen in der täglichen Praxis von Betrieben erfolgreich zum Einsatz. Beispielsweise ist die Entwicklung neuer Baustoffe, die gegen maximal niedrige und hohe Temperaturen, gegen veränderliche Belastungen, Vibrationen sowie unterschiedliche Spannungen resistent sind, eine der Hauptaufgaben, die der Industrie aus dem Raketenbau erwachsen. Diese Baustoffe wurden geschaffen und werden bereits weitgehend verwendet.

Viele metallurgische Prozesse, z. B. die Verbindung von nichtrostendem Stahl mit Aluminiumlegierungen sowie das Schweißen von Aluminiumlegierungen, die für die Raketen- und Weltraumtechnik ausgearbeitet wurden, spielen jetzt auch in anderen Industriezweigen eine große Rolle. Technologische Anlagen und Ausrüstungen für die Fertigung von Raketenrumpfteilen finden im Schiffbau Anwendung.

Die Verringerung des Gewichts und der Abmessungen der Geräte (eine notwendige Voraussetzung für die erfolgreichen Forschungen im Weltraum) übten einen wesentlichen Einfluß auf den Fortschritt in der Subminiaturisierung technischer Mittel überhaupt aus.

Die ungewöhnlichen Betriebsbedingungen während eines Raumfluges, die Einmaligkeit der zu lösenden Aufgaben und die Forderungen nach hoher Zuverlässigkeit führen dazu, daß die Schaffung von Raketen- und Weltraumkomplexen zu einer der kompliziertesten und vollkommensten Arten der Technik geworden ist. Gleichzeitig haben die Organisation der Raumforschung selbst und die Lösung aller mit diesen Forschungen verbundenen Aufgaben wesentlichen Einfluß auf den allgemeinen Entwicklungsstand der Technik ausgeübt und diese Entwicklung stimuliert; das gilt auch für die weitere Zukunft.

Die von der Raumfahrt gestellten wissenschaftlich-technischen Aufgaben erforderten auch völlig neue Methoden für ihre Umsetzung in die Praxis sowie für die Arbeits- und Leitungsorganisation. An der Erfüllung der Weltraumprogramme sind zahlreiche Kollektive aus unterschiedlichen Disziplinen der Wissenschaft und Technik beteiligt. Die notwendige Sicherung ihres operativen Zusammenwirkens, der rechtzeitigen Erfüllung der Zwischenetappen bei der Projektierung und Konstruktion von Raketen- und Weltraumkomplexen hat neue, vollkommenere Methoden der Produktionsleitung entstehen lassen. Diese Methoden wurden später auch auf anderen Gebieten der Technik angewendet.

Weltraumforschung – einer der gewinnbringendsten Wirtschaftszweige

Natürlich sind das die ersten Schritte, aus der Kosmosforschung konkreten Nutzen zu ziehen. Doch die folgerichtige Arbeitsorganisation und die rationelle Nutzung der Errungenschaften der Raumfahrt, die bereits heute große Bedeutung haben, werden es uns schon in den nächsten Jahren ermöglichen, die Weltraumforschung zu einem der gewinnbringendsten Wirtschaftszweige zu machen.

So phantastisch ist die Vorstellung gar nicht mehr, verschiedene produktionstechnische Komplexe in den Weltraum zu verlegen. Es ist zum Beispiel sehr schwierig, auf der Erde ein Hochvakuum, eine starke Strahlung, superniedrige Temperaturen oder starke Magnetfelder zu schaffen. Eine Orbitalstation ist der ideale Ort, an dem alle diese Bedingungen gleichzeitig gegeben sind. Sie werden die Möglichkeit bieten, eine prinzipiell neue Technologie für viele Zweige der industriellen Produktion zu entwickeln. Offensichtlich werden wir auch genötigt sein, zahlreiche Energieanlagen außerhalb der Erde zu installieren. Andernfalls würde die mit der Produktion dieser Anlage verbundene Wärmeabgabe an die Umwelt letzten Endes zu einem unerwünschten Temperaturanstieg auf der Erde führen.

In einer fernen Zukunft wird es möglich sein, daß die Menschen ihre benachbarten Himmelskörper unmittelbar erschließen und besiedeln. Für die erste Etappe bedeutet das, die entsprechenden Bodenschätze zu fördern und für den Bedarf des kosmischen Anlagenbaus zu verarbeiten.

Akademienmitglied A. BLAGONRAWOW und Ingenieur I. SAIZEW

In: „Nedelja“ Nr. 52/1970, aus: PdsU 15/1971.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Regionaltagung in Magdeburg

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes hatte Fachgruppenleiter, Amateurastronomen und einige Fachlehrer für Astronomie der Bezirke Magdeburg, Leipzig und Halle zum 27. Februar 1971 nach Magdeburg eingeladen, um mit ihnen über Maßnahmen zu beraten, wie in ihren Bezirken der beobachterische Teil des Astronomieunterrichtes künftig wirksam unterstützt werden kann. Diese Tagung war die erste, die auf Beschluß der Zentralen Konferenz vom November 1970 in Berlin¹⁾ durchgeführt wurde; die zweite Regionaltagung für die Bezirke Dresden, Karl-Marx-Stadt und Leipzig wird im Juni 1971 in Karl-Marx-Stadt abgehalten.

Die Tagung wurde vom Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses, Bfr. Dr. Lindner, geleitet. Bfr. Eschenhagen, Vorsitzender des Bezirksfachausschusses Magdeburg, hielt das Hauptreferat, das unter dem Thema „Grundsätzliche Gedanken zur Zusammenarbeit zwischen Amateur- und Schulastronomie“ stand.

Der Referent ordnete die Arbeit der Fachgruppen des DKB wie die der Amateurastronomie unserer Republik überhaupt in die gesamtgesellschaftlichen Aufgaben ein und leitete daraus die Aufgaben für die Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes ab, die ihnen im Bereich des Volkswesen bei der Verwirklichung des Gesetzes über das einheitliche sozialistische Bildungssystem erwachsen.

Bfr. Eschenhagen zeigte die Entwicklung, die der Astronomieunterricht seit seiner Einführung im Jahre 1959 dank der Unterstützung der Amateurastronomen des Deutschen Kulturbundes genommen hat und erläuterte, welche Aufgaben ab 1. September 1971 zu meistern sind, wenn der neue Lehrplan „Astronomie“ vom ersten Tage an beste Ergebnisse gewährleisten soll.

Da der neue Lehrplan obligatorische Schülerbeobachtungen verlangt, gehe es darum, den örtlichen Verhältnissen entsprechende Formen der Zusammenarbeit zwischen Schule und Amateurastronomen zu finden, die es gestatten, die Beobachtungen an allen Schulen durchzuführen.

Solche Formen können sein, daß der Amateurastronom

- beim Aufbau schuleigener Beobachtungsstationen oder beim Justieren der Schulbeobachtungsinstrumente hilft,
- die Weiterbildung der Astronomielehrer — besonders auf dem Gebiet der Beobachtung — unterstützt,
- sich zur Leitung von Arbeitsgemeinschaften für astronomisch interessierte Schüler bereit erklärt,
- die Durchführung der Beobachtungsabende mit den Klassen 10 sowohl personell, als auch instrumentell (eigenes Beobachtungsgerät) sichern hilft.

¹⁾ Siehe „Astronomie und Raumfahrt“ 1971, Heft 2, S. 43

Im letzten Teil seines Referates berichtete Bfr. Eschenhagen, daß zu diesem Problemkreis im Bezirk Magdeburg bereits Beratungen mit dem Bezirksschulrat stattgefunden haben, die zu einer Reihe von Maßnahmen führten, um einerseits die vorhandene Bereitschaft der Amateurastronomen wirksam zu nutzen und andererseits die materielle Sicherstellung für die Belange des Astronomieunterrichts durch die staatliche Leitung zu verbessern.

Viel Beifall fand deshalb die Mitteilung des anwesenden stellvertretenden Bezirksschulrates, Studienrat Böhme, daß die Abteilung Volksbildung beim Rat des Bezirkes Magdeburg erreicht habe, die Grundsteinlegung für das Zeiss-Kleinplanetarium in Wernigerode am 8. März 1971 zu vollziehen. Auch für Magdeburg selbst würde bald die Möglichkeit gegeben sein, ein Domizil für das Kleinplanetarium zu errichten.

Über die Situation im Bezirk Potsdam erstattete Bfr. Zenkert Bericht. Es wurde deutlich, daß in Potsdam und seiner unmittelbaren Umgebung zwar eine rege amateurastronomische Arbeit auf dem Gebiet der Volksbildung geleistet wird, daß aber künftig das Augenmerk des Bezirksfachausschusses Potsdam intensiv gerichtet sein muß auf aktivierende Maßnahmen und Wege, die dem gesamten Bezirk dienen.

Bfr. Kockel sprach als Vorsitzender des Bezirksfachausschusses Halle zur bisherigen Arbeit in seinem Bezirk. Seine Ausführungen zeigten, daß in Halle eine rege volksbildnerische Arbeit geleistet wird, und daß die Bereitschaft zur Unterstützung der bevorstehenden Aufgaben im Bezirk vorhanden ist.

Ergebnis der Diskussion war, daß es nun darauf ankommt, in allen Bezirken und Kreisen mit den Leitern der Abteilungen Volksbildung in Verbindung zu treten, um örtlich zu konkreten Festlegungen zu kommen. Die Bezirksschulräte sind inzwischen durch einen Brief des stellvertretenden Ministers für Volksbildung, Dietzel, aufgerufen, das Angebot der Amateurastronomen im Deutschen Kulturbund zur Unterstützung des Astronomieunterrichts in ihren Bereichen zu nutzen. Deshalb sollten die Bezirks- und Kreisleitungen des Deutschen Kulturbundes gemeinsam mit ihren Fachgruppen Astronomie oder Einzelamateuren mit den zuständigen Räten zur Klärung dieser Fragen in Verbindung treten, sofern dies nicht von der Volksbildung aus schon geschehen ist.

Dr. Lindner konnte einen erfreulichen ersten Zwischenbericht auf die Umfragen unter den Amateuren nach ihrer Bereitschaft, das Vorhaben zu unterstützen, geben. Aus den meisten Bezirken lagen bereits schriftliche Meldungen sowohl von Fachgruppen, als auch von Einzelamateuren vor. Die Umfrage war jedoch noch nicht abgeschlossen, so daß sich das Bild noch erfreulicher gestalten wird, als es in Magdeburg schon gezeichnet werden konnte.

Kritisch angemerkt sei, daß die Bezirksfachausschüsse Halle und Potsdam zu wenige Bundesfreunde für diese wichtige Beratung entsandt hatten.

Dem Bundessekretariat, Abteilung Natur und Heimat, der Bezirksleitung Magdeburg und auch der Bezirksabteilung Volksbildung Magdeburg gilt der Dank aller Teilnehmer für die gute Organisation und die konstruktiven Diskussionsbeiträge, die wesentlich zum Gelingen der Tagung beitrugen.

Heinz Albert

Tätigkeitsberichte 1970 der Fachgruppen des Bezirksfachausschusses Dresden

Fachgruppe Dresden

1. Öffentliche Veranstaltungen

In 12 Veranstaltungen mit 201 Besuchern hielten Fachgruppenmitglieder populärwissenschaftliche Vorträge zu Themen aus der astronomischen Forschung und der Anleitung der Amateurarbeit. Zwei Tagesexkursionen führten die Fachgruppenmitglieder zu den Volkssternwarten Radebeul und Glashütte. Die Schülerarbeitsgemeinschaft des Pionierpalastes „W. Ubricht“ in Dresden wurde wöchentlich an der Volkssternwarte Frantz angeleitet, während der Merkurdurchgang am 9. Mai mit den Schülern am Instrumente des Lohrmann-Observatoriums der TU Dresden beobachtet und fotografiert wurde. Die Aufnahmen wurden ausgewertet und daraus die Zeiten für den 1. und 4. Kontakt bestimmt. Anlässlich der Kulturfesttage des Stadtbezirkes Dresden-Süd und des Pressefestes in Dresden wurden mit der Schülerarbeitsgemeinschaft an vier Tagen öffentliche Sonnenbeobachtungen durchgeführt. Etwa 2800 Besucher nutzten diese Beobachtungsmöglichkeit. Die Verbindung mit Sternfreunden in Most (CSSR) wurde aufrechterhalten. Außerdem bestehen Kontakte zu Sternfreunden in Varna und Bukarest. Die Fachgruppe erarbeitete 1980 Mark in Eigenleistungen. Mit drei Kollektiven aus Dresdener Betrieben wurden Verbindungen aufgenommen.

2. Öffentliche Veranstaltungen auf der Volkssternwarte Frantz

Insgesamt wurden 60 Veranstaltungen durchgeführt, davon 45 mit der Schülerarbeitsgemeinschaft (239 Teilnehmer), 9 Führungen für Klassen mit Astronomieunterricht und Jugendstundengruppen (191 Teilnehmer) und 6 öffentliche Führungen (109 Teilnehmer). Bei bedecktem Himmel wurden Lichtbildvorträge gehalten. Insgesamt wurden 539 Besucher gezählt.

3. Die Nachforschungen über Denkmale von J. G. PALITZSCH haben einen ersten Abschluß gefunden. Eine Veröffentlichung in Form einer Dokumentation ist vorgesehen.

4. Beobachtungstätigkeit (der aktiven Beobachter H.-J. Blasberg, A. Grünberg, H. Scholze, S. und U. Seliger)
 - Sonne: 27 Detailzeichnungen großer Sonnenflecken und teilweise Bestimmung ihrer Ausdehnungen (S. Seliger).
 - Mond: 11 Detailzeichnungen von Kraterlandschaften (U. Seliger), 5 Sternbedeckungen gemessen (Blasberg).
 - Merkur: Der Merkurdurchgang (9. Mai) konnte bei gutem Wetter visuell und fotografisch im gesamten Verlauf beobachtet werden (Blasberg, Grünberg, Seliger).
 - Venus: Zur Bestimmung der Dichotomie im August 1970 wurden 43 Phasenzeichnungen angefertigt (Blasberg, Seliger).
 - Jupiter: Die Position des Großen Roten Flecks konnte 33mal bestimmt werden (Blasberg, Seliger).
 - Veränderliche Sterne: An 16 Sternen wurden 494 visuelle Helligkeitsbestimmungen gewonnen (Blasberg).
 - Himmelsaufnahmen: Zur Überwachung Veränderlicher Sterne wurden 231 Aufnahmen gemacht (Blasberg, Seliger). Außerdem wurden 36 Aufnahmen von verschiedenen Objekten (Seliger) und eine Aufnahmenreihe vom Kometen ABE (1970 g) mit der Schmidt-Kamera gewonnen. 10 Saturn- und 52 Mondaufnahmen wurden als Versuchsreihe am eigenen Refraktor 80/1200 erhalten (Grünberg).
 - Doppelsterne: Zugängliche Messier-Objekte wurden mit dem privaten Refraktor 80/840 beobachtet (Scholze).

Fachgruppe Zittau

1. Stärke der Gruppe: 20 Kulturbundmitglieder und 10 weitere Interessenten.
2. Veranstaltungen
 - 38 öffentliche Vorträge bzw. Beobachtungsabende, 35 Vortragsabende astronautischen Inhalts außerhalb der Sternwarte (hauptsächlich durch E. Scholz), 11 Monatsveranstaltungen der Fachgruppe mit je einem Fachvortrag, 16 Abende mit Vorträgen und Beobachtungen zur Unterstützung der Schulastronomie. Insgesamt wurden 6235 Besucher und Teilnehmer gezählt.
3. Beobachtungen
 - Bei 74 Arbeitsveranstaltungen durch die jugendlichen Mitglieder wurden der Mond, die Sonne und die Planeten visuell und fotografisch beobachtet, Fotos von Kometen, Nebeln und Galaxien gewonnen und die Beobachtung Veränderlicher Sterne begonnen. Eine Schülerarbeitsgemeinschaft (7. und 8. Klassen) wird durch junge Fachgruppenmitglieder in astronomische Grundkenntnisse eingeführt.
4. Zusammenarbeit mit Schulen
 - Unter Leitung zweier Astronomielehrer begann im Herbst 1970 eine Arbeitsgemeinschaft Astronautik nach dem Rahmenarbeitsplan des Ministeriums für Volksbildung ihre Tätigkeit. Um die erhöhten Aufgaben nach dem neuen Lehrplan Astronomie, Klasse 10, lösen zu können, wird nach Vereinbarung mit dem Rat des Kreises Zittau, Abteilung Volksbildung, mit Beginn des Schuljahres 1971/72 ein Astronomielehrer mit 12 Wochenstunden seine Tätigkeit an der Sternwarte aufnehmen.
5. Ausbau der Volkssternwarte
 - Für das Cassegrain-System des Hauptinstrumentes wurde ein neuer Okularauszug mit eingebautem Pentaprisma (Fa. A. Wilke, Finkenkrug) angeschafft. Im Selbstbau entstand eine Astrokamera 4,5/250 mm.

Fachgruppe Kurort Jonsdorf

1. Stärke der Gruppe: 7 Kulturbundmitglieder und 5 jugendliche Sternfreunde.
2. Öffentlichkeitsarbeit
 - An 13 Abenden wurden Führungen für Urlauber mit dem Ziel der Vermittlung eines modernen Weltbildes durchgeführt. Außerdem fanden Führungen für Kollektive und Brigaden von Betrieben statt. Zwei Vorträge zum Thema „Menschen verlassen die Erde“ (E. Scholz, Zittau) waren die Höhepunkte der öffentlichen Arbeit.
3. Arbeit mit Schulklassen
 - Klassen der umliegenden Ortschaften und aus dem Schullandheim wurden betreut. In Jonsdorf wird noch kein Astronomieunterricht erteilt. Die Mitglieder sind zur weiteren Unterstützung des im Astronomielehrplan vorgesehenen Beobachtungsprogrammes bereit.
4. Fachgruppenarbeit
 - An 15 Abenden wurden aktuelle Themen referiert und diskutiert. Der Komet „Bennett“ wurde im April beobachtet und fotografiert. Durch ehrenamtliche Arbeit konnten im Berichtsjahr 675 Besucher betreut werden.

Fachgruppe Sohland

1. Öffentliche Veranstaltungen
 - An 38 Abenden nahmen 432 Personen an Beobachtungen und Vorträgen teil, darunter auch Urlauber. Der größte Teil unserer Tätigkeit war der Arbeit mit den Schulen gewidmet.

2. Arbeit mit Schulen

An 12 Abenden wurde für verschiedene Klassen aus Sohland und für auswärtige Oberschulen der Astronomieunterricht durch Beobachtungsmöglichkeiten wirksam unterstützt. 206 Jugendliche besuchten die Sternwarte. Der Zirkel „Junge Astronomen“ (G. Hauptmann-OS) unterstützte die Arbeit an den Beobachtungstagen und arbeitete nach eigenem Plan.

3. Fachgruppenarbeit

An 49 Tagen waren die Mitglieder der Fachgruppe an der Sternwarte tätig. Bei 13 Arbeitseinsätzen wurden 48 Arbeitstunden geleistet. Mitglieder der Fachgruppe nahmen an den Tagungen des Bezirksfachausschusses Dresden und des Zentralen Freiausschusses in Berlin teil.

4. Ausbau der Sternwarte

Infolge dankenswerter Unterstützung durch den Rat der Gemeinde und durch die BGL des Patenbetriebes Klinger und Schicklitz, Sohland, konnten ein ZEISS-Spiegelteleskop 150/900/2225 und ein Okularspektroskop gekauft werden.

5. Ziele für das Jahr 1971

Weitere Unterstützung der Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht. Erweiterung des Bestandes an Instrumenten. Werterhaltung am Gebäude und den Einrichtungen. Urlauberführung.

Fachgruppe Radebeul

1. Öffentliche Veranstaltungen

Durch die Arbeitsaufnahme in der Volkssternwarte „Adolf Diesterweg“ konzentriert sich die gesamte Arbeit an dieser Einrichtung und bestimmt die Arbeitsgebiete der sich neu herausbildenden Fachgruppe wesentlich. Infolge notwendiger weiterer Ausbaumaßnahmen ist eine Trennung der Fachgruppenarbeit von den spezifischen Aufgaben der Sternwarte z. Z. noch nicht möglich. Insgesamt weist die Besucherbilanz der Sternwarte für das Berichtsjahr 23 292 Personen aus, die sich auf Lektionen und Führungen für Radebeuler Schulen und auswärtige Schulklassen, Teilnehmer an Jugendstunden, Besuchergruppen von Erwachsenen, Planetariumsvorträge und Beobachtungen sowie Zirkelveranstaltungen aufschlüsseln.

2. Beobachtungen

An der Sternwarte arbeiten drei verschiedene Arbeitsgemeinschaften. Zwei davon beschäftigen sich mit Himmelsfotografie und Beobachtung verschiedener Objekte. Die dritte ist eine Schülergruppe, die in die Astronomie eingeführt wird. Ziel aller Arbeitsgemeinschaften ist die Einarbeitung in die Beobachtung Veränderlicher Sterne. Diesem Zweck dienen auch die Besuche der Sternwarten in Hartha und Sonneberg sowie die Teilnahme der Mitglieder am Seminar für „Veränderliche Sterne“ des Zentralen Freiausschusses in Eilenburg. Höhepunkt der Tätigkeit war die Beobachtung des Merkurdurchganges am 9. Mai. Die AG „Junge Astronomen“ beobachtete fotografisch.

Die Instrumente waren von Besuchern dicht umlagert. Im Planetarium und in den Vortragsräumen wurden laufend theoretische Erläuterungen gegeben.

3. Ausbau der Sternwarte

Neben der Eindeckung der Astro- und der Planetariumskuppel sowie der Ausstattung des Hörsaales und des Planetariums mit Klappstühlen konnten aus zusätzlichen Einnahmen drei Astrokameras und eine 1b-Montierung erworben werden. Weitere technische Unterrichtsmittel wurden angeschafft, die der Verbesserung der rationellen und effektiven Bildungs- und Erziehungsarbeit dienen.

Fachgruppe Radeberg

1. Stärke der Gruppe: 7 Mitglieder des Kulturbundes und 3 weitere Sternfreunde.

2. Situation der Fachgruppe

Im ersten Quartal war – durch die Witterung bedingt – die Führungs- und Beobachtungstätigkeit behindert. Es wurden nur 6 Fachgruppenabende durchgeführt. Durch die Übernahme der Volkssternwarte in die Verwaltung der Polytechnischen Wilhelm Pieck-OS und die damit verbundene Renovierung und Neueneinrichtung war die Gruppe nicht mehr in der Lage, weiter zu beobachten. Die Leitung der Sternwarte wurde dem Astronomielehrer Adolf Lemke übertragen. Neue Festlegungen zur Mitarbeit der Fachgruppe sind noch nicht getroffen worden. Das der Sternwarte bisher geliehene Privatinstrument des Bundesfreundes Bär ist gegenwärtig ungenutzt, soll aber bald wieder aufgestellt werden. Auch in der Leitung der Fachgruppe wird 1971 ein Wechsel eintreten. Zwei Sternfreunde sind weiter mit dem Schleifen von Spiegeln beschäftigt. Das Seminar des ZFA für „Veränderliche Sterne“ in Eilenburg besuchten 3 Fachgruppenmitglieder, während sich ein Sternfreund an der Studienreise nach Leningrad (Pulkowo) – Moskau beteiligte.

Fachgruppe Pirna

Die Fachgruppe konstituierte sich zu Anfang des Jahres. Ab April finden monatliche Veranstaltungen statt, die der eigenen Weiterbildung dienen und ermöglichen sollen, die unterschiedlichen Voraussetzungen bei den Mitgliedern zu überwinden. Diesem Streben dienen auch der gemeinsame Besuch der Bezirkstagung in Dresden und die Tagesexkursion zur Volkssternwarte in Radebeul. Als erstes Tätigkeitsfeld bestimmen individuelle Beobachtungsübungen die Arbeit. Darauf aufbauend soll ein gemeinsames Arbeitsprogramm wirksam werden, zu dessen Verwirklichung jedes Mitglied beitragen wird.

Amateure beobachten und berichten

Zur Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie und deren Auswertung

EDITH ZSCHAU

Venusdichotomie bedeutet soviel wie Halbierung der scheinbaren Venusscheibe in eine sichtbare oder beleuchtete Hälfte und in eine unsichtbare. Um diese Dichotomie ermitteln zu können, sind zahlreiche Einzelbeobachtungen notwendig. Deren Ergebnisse sind u. a. abhängig von der geographischen Lage des Beobachtungsortes und den meteorologischen Bedingungen. In der vorliegenden Arbeit war der Beobachtungsort Lengfeld, eine kleine Stadt am Nordhang des Erzgebirges. Der Beobachtungsstandort liegt am Rande der Stadt mit einer Höhe von 476 m ü. NN. Nach dem Meßtischblatt hat Lengfeld die geographische Lage: $\varphi = 50^\circ 43'$ oder $50^\circ 72'$ nördlicher Breite, $\lambda = 13^\circ 12'$ oder $13^\circ 2'$ östlicher Länge. Die geozentrische Breite

φ' für Lengfeld ergibt sich nach $\tan \varphi' = \left(\frac{296}{297} \right)^2 \tan \varphi$ zu $\varphi' = 50^\circ 53'$ nördlicher Breite.

Daraus läßt sich der Ortsradius r ermitteln. Wir errechnen ihn nach $r = a \sqrt{\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi' \cos (\varphi - \varphi')}}$,

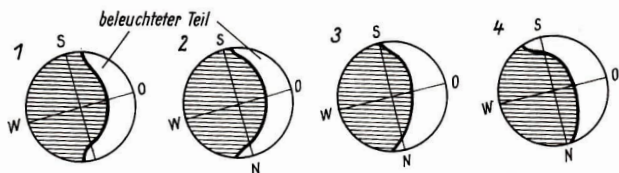
wobei a der Äquatorradius = 6378,388 km ist. Danach erhält man einen Ortsradius von $r_{\text{Lengfeld}} = 6366$ km. Die mittlere Ortszeit von Lengfeld (nach $13^\circ 12'$ ö. L.) ist gegenüber der Mitteleuropäischen Zeit um $7^{\text{min}} 12^{\text{s}}$ zurück.

Als mir die Aufgabe gestellt wurde, die Phasen der Venus über einen längeren Zeitraum hinweg zu beobachten und den Zeitpunkt ihrer scheinbaren Dichotomie zu bestimmen, begann ich das erstmal, mich intensiv mit Venusbeobachtungen zu beschäftigen. Mir stand dazu ein Refraktor auf einem Holzstativ mit dem Objektivdurchmesser von 63 mm und der Brennweite von 840 mm zur Verfügung. Er läßt sich parallaktisch montieren und leicht transportieren. Für Beobachtungen mit einer Schülerarbeitsgemeinschaft stellen wir es auf einer Bergkuppe am Rande der Stadt auf, um Fremdlicht weitgehend auszuschalten. Nachteilig ist es, daß die Stundenachse beim Aufstellen jeweils neu in die Meridianebene eingestellt werden muß und sich Ungenauigkeiten nicht vermeiden lassen.

Die Höhenlage unseres Ortes wirkt sich auf Luftzustand und Sichtverhältnisse im allgemeinen günstig aus. Nur ein größeres Werk, der VEB Leuchtenbau, beeinflußt die Reinheit der Luft negativ. Der Horizont ist nachts nur nach der Seite dieses Werkes, nämlich nach Westen, durch Fremdlicht gestört. Nach allen anderen Himmelsrichtungen hin ist er gut abgedunkelt. Infolgedessen ließ sich die Venus am Osthorizont gut beobachten. Nachteile ergeben sich andererseits aus der Lage am Nordwesthang des Erzgebirges, da besonders der Nordwestwind milde, feuchte Meeresluft zuführt, die am Hang des Gebirges Bewölkung und Stauregen mit sich bringt. Um die Venusdichotomie zu ermitteln, kam es besonders darauf an, an möglichst vielen Tagen der Monate Oktober 1967 bis Januar 1968 Einzelbeobachtungen durchzuführen. Infolge der meteorologischen Gegebenheiten sind diese Monate jedoch besonders ungünstig. Insgesamt konnten 24 Tage für die Ermittlungen genutzt werden, wobei der Oktober mit 9 Beobachtungen (von 16 Tagen, da am 15. Oktober begonnen wurde) am günstigsten war. Der Monat November kann mit 9 Messungen während des ganzen Monats noch als zufriedenstellend angesehen werden, in den Monaten Dezember und Januar waren die Witterungsverhältnisse jedoch so ungünstig, daß nur 4 Beobachtungen im Dezember und 2 im Januar durchgeführt werden konnten, obwohl alle nur möglichen Gelegenheiten genutzt wurden.

Zur Beobachtung benutzte ich den erwähnten Refraktor, Schulfernrohr 63/840, mit einem orthoskopischen Okular von 10 mm Brennweite, so daß eine 84fache Vergrößerung erreicht wurde. Ein Fadenkreuzokular stand nicht zur Verfügung. Am Beginn jeder Beobachtung ließ

Abb. 1:

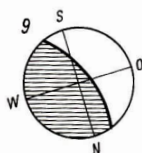


Datum: 1967.X.15
Zeit (MEZ): 6h10m
Luft: 2
Sicht: 3

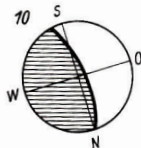
1967. X. 17
6h15m
3
1
Windstärke 5
Böen

1967. X. 18
5h10m
2
2
Windstärke 4

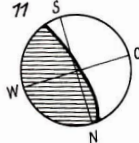
1967. X.19
6h15m
2
1



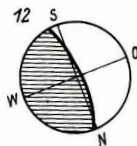
Datum: 1967.X.30
Zeit (MEZ): 5h10m
Luft: 1
Sicht: 1



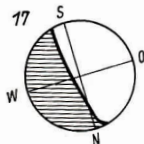
1967.XI.5
6h45m
3
3



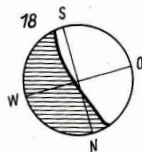
1967.XI.8
6h
2
2
Windstärke 4/5
Böen



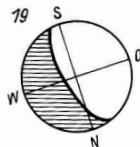
1967.XI.13
5h20m
2
2



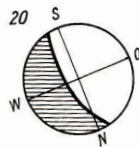
Datum: 1967.XI.25
Zeit (MEZ): 6h30m



1967.XI.26
6h30m

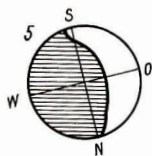


1967.XII.12
6h10m



1967.XII.24
7h45m

Protokoll-Skizzen

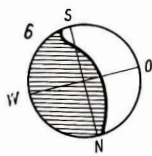


1967.X.20

6h

2

1

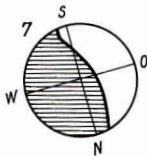


1967.X.22

5h30m

1

1

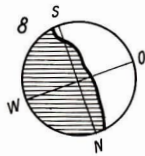


1967.X.26

6h25m

2

2

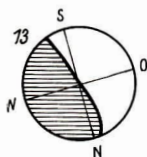


1967.X.29

5h15m

2

3

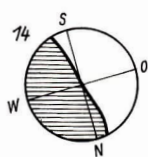


1967.XI.14

6h

1

1

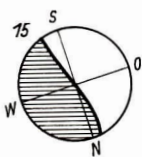


1967.XI.17

6h15m

2

4

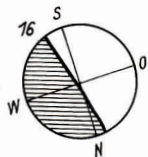


1967.XI.20

6h

2

2

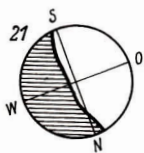


1967.XI.21

6h30m

3

2



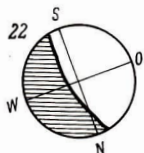
1967.XII.25

7h15m

3

3

Böen

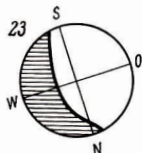


1967.XII.28

7h

4

3

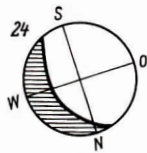


1968.I.16

7h

2

2



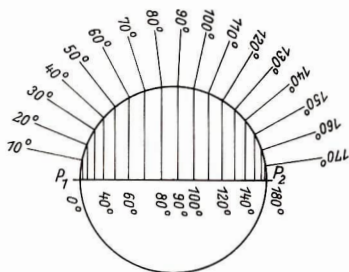
1968.I.21

7h15m

3

2

Abb. 2: Schablone zum Messen der Phasenwinkel.



ich die Venus mehrmals durch die Mitte des Gesichtsfeldes hindurchlaufen und bestimmte auf diese Weise die Ost-West-Richtung und die Nord-Süd-Achse (nach irdischen Koordinaten). Beim nochmaligen bzw. mehrmaligen Passieren des Gesichtsfeldes stellte ich dann jeweils die Größe des beleuchteten Teils der Venuscheibe fest. Ich zeichnete meine Beobachtung sofort in einen vorbereiteten Kreis mit dem Radius $r = 17 \text{ mm}$ ein (S. Abb. 1). Die schraffierte Seite ist der unbeleuchtete Teil der Venus. Die Skizzen geben das umgekehrte und seitenverkehrte Bild des Refraktors wieder.

Zum Auswerten der Phasenzeichnungen wurde eine Schablone auf Transparentpapier angefertigt, die den gleichen Radius hat wie die Skizzen der Protokolle, $r = 17 \text{ mm}$ (S. Abb. 2). Über dem Beleuchtungsäquator P_1P_2 wurde ein Halbkreis in 180 Winkelgrade geteilt (Teilstiche bei je 10°). Die Punkte des Kreisbogens wurden durch Lote auf den Beleuchtungsäquator projiziert. Beim Messen des jeweiligen Phasenwinkels wurde der 90° -Punkt des Kreisbogens auf den oberen Beleuchtungspol der Venusabbildung gelegt. Dann wurde der Phasenwinkel bei der Lichtgrenze abgelesen. Bezeichnet man den Phasenwinkel mit i und den Abstand von 90° auf dem Beleuchtungsäquator bis zur Lichtgrenze mit φ , dann ist der Phasenwinkel $i = 90^\circ \pm \varphi$ (— bei mehr, + bei weniger als halb beleuchteter Scheibe). Dadurch ergibt sich der größte Phasenwinkel am Anfang der Beobachtung mit 116° am 15. Oktober 1967. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Venus eine westliche Elongation von 44° . Ihr beleuchteter Teil betrug 0,34, d. h. 34% der vollen Scheibe. Ein Phasenwinkel von 90° müßte bei der größten westlichen Elongation gemessen werden, da wegen der geringen Exzentrizitäten von Venus- und Erdbahn die Dichotomie stets sehr nahe mit der größten Elongation zusammenfällt. Nach dem „Kalender für Sternfreunde 1967“ muß dieser Tag der 9. November gewesen sein mit einer westlichen Elongation von 47° und 0,50 beleuchtetem Teil der Venuscheibe. Nach den Beobachtungen war es aber der 14. November 1967. Vom Zeitpunkt der Dichotomie ab wird dann der Phasenwinkel immer kleiner, er wurde am 16. Januar 1968 mit 70° und am 23. Januar mit 58° gemessen. Zum letztgenannten Zeitpunkt betrug der beleuchtete Teil der Venuscheibe bereits 0,79.

Daß die auf diese Weise mit der Schablone gemessenen Phasenwinkel mit den wirklichen Winkeln, die sich aus der Stellung Sonne-Venus-Erde ergeben, annähernd übereinstimmen, soll auch die maßstäbliche Zeichnung der Planetenbahnen nachweisen (Abb. 4). In der maßstäblichen Zeichnung wurden Erd- und Venusbahn eingetragen. Für die große Halbachse der Erdbahn wurde ein Radius von 100 mm gewählt. Die Sonne S wurde um $a \varepsilon = 1,7 \text{ mm}$ nach rechts von der Mitte ab eingetragen. Durch Mittelpunkt und Brennpunkt S ist die Apsidenlinie mit Perihel π und Aphel A festgelegt. Die Richtung nach dem Frühlingspunkt wurde nach links unten in einem Winkel von $\tilde{\omega} = 102,3^\circ$ gegen die Apsidenlinie angetragen (nach „Kalen-

	Erdbahn	Venusbahn
Große Halbachse a	100,0 mm	72,3 mm
Lineare Exzentrizität ε	1,7 mm	0,5 mm
Perihelabstand $a(1 - \varepsilon)$	98,3 mm	71,8 mm
Aphelabstand $a(1 + \varepsilon)$	101,7 mm	72,8 mm
Länge des Perihels $\tilde{\omega}$	102,3°	131,1°
Neigung gegen Ekliptik i	—	3,4°

der für Sternfreunde 1967“, S. 78 „Mittlere Elemente der inneren Planeten“). Durch die Sonne S wurde dann die Apsidenlinie der Venusbahn mit der Perihelrichtung $\tilde{\omega} = 131,1^\circ$ gezeichnet.

Die Mitte der Ellipsenbahn befindet sich um $\varepsilon = 0,5$ mm von der Sonne auf das Aphel zu. Um diesen Mittelpunkt wurde die Venusbahn als Kreis mit einem Radius von 72,3 mm geschlagen.

Mit Hilfe der heliozentrischen Koordinaten der Venus (Sternkalender 1967, S. 81) wurde dann die Stellung der Venus auf ihrer Bahn ausgerechnet und mit dem Beobachtungsdatum eingetragen. Für die Länge der Erde wurde die geozentrische Länge der Sonne $\pm 180^\circ$ genommen (im Monatsteil des Sternkalenders für 1967, S. 63, 66, 69; für 1968, S. 34).

Ich wählte dazu vier Daten aus der Beobachtungsreihe aus. Das Ergebnis zeigt, daß die Elongationen auf der Zeichnung mit den im Kalender angegebenen genau übereinstimmen, jedoch sind die Phasenwinkel bei der Beobachtung im Durchschnitt etwa 7° zu groß gesehen worden, d. h. der Beobachter sieht den Anteil der beleuchteten Scheibe zu klein.

Um den Zeitpunkt der beobachteten Dichotomie festzustellen, wurde ein Koordinatensystem verwendet. Auf der Abszisse wurden die Daten angetragen und auf der Ordinate die Winkelgrade. Die aus den Protokollen ermittelten Werte für die Phasenwinkel i wurden dann gegen die Daten aufgetragen und durch eine Kurve verbunden. Diese Kurve schneidet die 90-Grad-Linie über dem Datum der beobachteten Dichotomie.

Für meine Beobachtung ergab sich daraus das Datum: 1967 November 14. Verglichen mit der im Sternkalender angegebenen größten westlichen Elongation am 1967 November 9, ist das 5 Tage zu spät. Zu dieser Zeit war die Größe des beleuchteten Scheibenanteils bereits 0,53 statt 0,50 (S. Abb. 3.)

Dr. Paul Ahnert begründet in seinem Artikel „Beobachtungen der Dichotomie der Venus (Kalender für Sternfreunde 1968) diese Erscheinung so: Infolge des flachen Einfallswinkels der Sonnenstrahlen auf der Venus in der Nähe der Schattengrenze wird die Wolkendecke nur schwach erhellt; auch ist die ziemlich helle Dämmerung unserer Erdatmosphäre bei Venusbeobachtungen ein Grund dafür, daß das Auge die Schattengrenze nicht genau ermitteln kann.

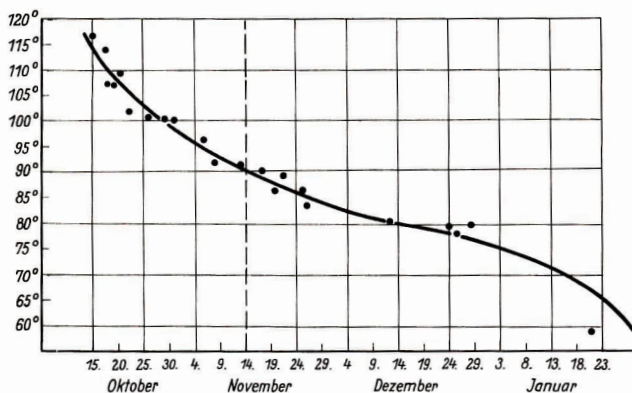
Am günstigsten ist es, wenn man immer bei gleicher Sonnendepression beobachten kann. Das war mir nicht möglich, denn nur selten war der Himmel wolkenlos. Mitunter war die Venus nur für kurze Zeit sichtbar, vor oder nach der Beobachtung war sie hinter Wolken versteckt.

Die besten Ergebnisse zeigten die Messungen 8 bis 19 und 21 bis 23. An diesen Tagen konnte auch die Stellung der Venus am Fixsternhimmel einigermaßen genau festgestellt und gemessen werden.

Zum Vergleich meiner Beobachtungen können zwei Artikel aus der Zeitschrift „Die Sterne“ herangezogen werden. In Heft 7/8, Jahrgang 1966, berichtet B. Polesky über seine Beobachtung von Dichotomien der Venus. Die Abweichungen zwischen größten Elongationen und beobachteten Dichotomien betrugen bei ihm zwischen 16 und 30 Tagen. In Heft 9/10, Jahrgang 1967, wertet W. Sandner eine Arbeit von Schönberg aus, der 30 Reihen verschiedener Beobachter zugrunde liegen. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die Dichotomie bei Abendbeobachtungen stets zu früh, bei Morgenbeobachtungen stets zu spät geschätzt wurde. Die Werte liegen abends (östliche Elongationen) im Durchschnitt 5,6 Tage zu früh, morgens (westliche Elongationen) im Mittel 4,8 Tage zu spät. Danach liegt der von mir ermittelte Wert von $+ 5,0$ Tagen nach der geometrischen Dichotomie diesem Mittel sehr nahe.

Für die nach Beobachtung gemessenen Phasenwinkel wurde eine Fehlerrechnung durchgeführt. Da es sich um 24 Einzelmessungen handelt, wurde zunächst der mittlere Fehler Δ jeder Einzelmessung im Vergleich zur Kurve ermittelt. Die mittleren Fehler streuen zwischen $0,0^\circ$ und $8,5^\circ$. Aus der Summe aller mittleren Fehler errechnet man die durchschnittliche Abweichung der Einzelmessungen, indem man durch die Anzahl der Messungen dividiert. Danach beträgt die durchschnittliche Abweichung $\delta = \pm 1,55^\circ$. Aus den Quadraten der mittleren Fehler Δ läßt sich die Streuung nach dem Normalverteilungsgesetz errechnen. Da die Berechnung von σ_1 nach dem Normalverteilungsgesetz stark von der Berechnung von σ_2 abweicht, ist,

Abb. 3: Venusdichotomie 1967 November 14.



Zu Abb. 3: Nach Beobachtung gemessene Phasenwinkel

Nummer der Beobachtung	Datum der Beobachtung		Ermittelte φ -Werte	Gemessener Phasenwinkel
1.	1967 Oktober	15	+ 26°	116°
2.	1967 Oktober	17	+ 24°	114°
3.	1967 Oktober	18	+ 17°	107°
4.	1967 Oktober	19	+ 17°	107°
5.	1967 Oktober	20	+ 19°	109°
6.	1967 Oktober	22	+ 12°	102°
7.	1967 Oktober	26	+ 11°	101°
8.	1967 Oktober	29	+ 10°	100°
9.	1967 Oktober	30	+ 10°	100°
10.	1967 November	5	+ 6°	96°
11.	1967 November	8	+ 2°	92°
12.	1967 November	13	+ 1°	91°
13.	1967 November	14	± 0°	90°
14.	1967 November	17	± 0°	90°
15.	1967 November	20	— 3°	87°
16.	1967 November	21	— 1°	89°
17.	1967 November	25	— 4°	86°
18.	1967 November	26	— 6°	84°
19.	1967 Dezember	12	— 10°	80°
20.	1967 Dezember	24	— 11°	79°
21.	1967 Dezember	25	— 12°	78°
22.	1967 Dezember	28	— 10°	80°
23.	1968 Januar	16	— 20°	70°
24.	1968 Januar	21	— 32°	58°

wie unter „Bemerkung“ angegeben, das Normalverteilungsgesetz hier nicht anzuwenden. Es gilt also für die Streuung der Wert $\sigma_2 = 1,98$.

Dr. Paul Ahnert wertet in seinem angeführten Aufsatz die von Ursula und Siegfried Seliger (Dresden) aufgestellte Beobachtungskurve aus. Er bezeichnet die Streuung der Beobachtungspunkte von $\pm 1,4$ und $\pm 1,2$ als bemerkenswert klein. Die hier errechnete Streuung von $1,98$ ist demgegenüber doch erheblich größer. Da der zuletzt gemessene Wert m_{24} besonders fehlerhaft ist, errechnete ich den Fehler noch einmal aus $m_1 \dots m_{23}$ und schaltete m_{24} aus.

Diese Einzelmessung hatte für das Anlegen der Kurve ohnehin wenig Wert. Danach erhielt ich eine durchschnittliche Abweichung von $\delta = \pm 1,25$ und eine Streuung nach $\sigma_2 = 1,28$. Dieser Wert müßte, wenn man die verwendeten Instrumente berücksichtigt, zufriedenstellend sein.

Nicht in jedem Jahr sind Möglichkeiten gegeben, die Dichotomie der Venus zu ermitteln. Da der Planet Venus eine synodische Umlaufzeit von 584 Tagen hat, kann die gleiche Konstellation erst nach Ablauf dieser Zeit wieder beobachtet werden. Folglich können in einem Jahr höchstens zwei Dichotomien, nämlich eine bei östlicher und eine bei westlicher Elongation, auftreten. Das war im Jahr 1967 der Fall. Im Jahr 1966 gab es nur eine bei einer westlichen Elongation, während 1968 keine Dichotomie in Erscheinung trat. Das Jahr 1969 brachte wieder eine östliche und eine westliche Elongation, während im Jahr 1970 nur eine Dichotomie bei einer östlichen Elongation auftrat. In diesem Jahr, 1971, konnte eine Dichotomie westlicher Elongation bereits im Januar beobachtet werden, die nächste wird dann erst im Jahre 1972 in Erscheinung treten. Das Jahr 1972 bietet wieder Gelegenheit zur Beobachtung von zwei Dichotomien, einer östlichen und einer westlichen Elongation.

Abschließend sei bemerkt, daß die Beobachtungen gleichzeitig dazu genutzt wurden, um die Bewegungen des Planeten auf seiner Bahn festzuhalten. Den Ort des Planeten ermittelt man, indem man ihn an andere Sterne anschließt. Es wurde dazu der Abstand der Venus von zwei Fixsternen gemessen, die annähernd mit ihr auf einer Geraden lagen. Dieser Planetenort wurde nach jeder Beobachtung in eine vorbereitete Sternkarte eingetragen.

+

Für die Schulastronomie sind Planetenbeobachtungen und Messungen am Sternhimmel äußerst wichtig. Der Lehrplan fordert, daß die Schüler zu Beobachtungen des Sternhimmels angeleitet sind. Die Beobachtungen sollen während des ganzen Jahres durchgeführt werden, da Planetenbewegungen erst während längerer Zeiträume feststellbar sind. Es ist deshalb notwendig, die Schüler der 10. Klasse schon in den ersten Wochen des Schuljahres mit dem Fixsternhimmel und den wichtigsten Sternbildern vertraut zu machen. Die besten Beobachtungsmöglichkeiten bietet die Arbeit mit einer Arbeitsgemeinschaft. Diese sollte nicht mehr als 10 bis 15 Schüler umfassen. Es hat sich bewährt, Arbeitsgruppen zu bilden, die differenzierte Aufgaben erhalten. Die Schüler fertigen Protokolle an, sie skizzieren das Gesehene und tragen außerdem ihre Beobachtungen in Arbeitskarten ein. Nachdem sie mit den wichtigsten Fixsternbildern bekannt sind, wird mit Mond- und Planetenbeobachtungen begonnen. Die Beobachtung der Mondbahn über einen Monat hinweg ist eine lohnende und dankbare Aufgabe.

Beobachtungsreihen von Planeten sollten sich möglichst über zwei Monate erstrecken, damit die Bewegung des Planeten deutlich erkennbar wird. Das Vermessen eines Sternortes am Fixsternhimmel muß besonders geübt werden. Die Venusbahn eignet sich bei einer östlichen Elongation am besten, da man abends beobachten kann, außerdem ist bei der Venusbahn schnell eine Veränderung festzustellen. Jedoch ist dasselbe auch für Mars, Jupiter und Saturn möglich; wenn auch die Ortsveränderungen von Jupiter und Saturn nur über größere Zeiträume hinweg zu ermitteln sind, so können doch Erkenntnisse und Vorstellungen von deren Geschwindigkeiten gewonnen werden. Die Schüler erkennen z. B. auch, daß sich alle Planeten in der Nähe des Tierkreises bewegen, also nur geringe Neigungswinkel gegen die Ebene der Ekliptik haben. Sie können Rechtläufigkeit oder Rückläufigkeit eines Planeten feststellen.

Fehlerrechnung zu den Messungen des Phasenwinkels

1. Mittlere Fehler der Einzelmessungen:

$A = \text{Meßwert} - \text{Kurvenwert}$

$A = m_i - M$

	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>AA</u>
$m_1 = 116^\circ$	115;5	0;5	0,25
$m_2 = 114^\circ$	112;5	1;5	2,25
$m_3 = 107^\circ$	110;5	3;5	12,25
$m_4 = 107^\circ$	109;7	2;0	4,0
$m_5 = 109^\circ$	108;7	1;0	1,0
$m_6 = 102^\circ$	105;5	3;5	12,25
$m_7 = 101^\circ$	101;5	0;5	0,25
$m_8 = 100^\circ$	99;7	1;0	1,0
$m_9 = 100^\circ$	98;5	1;5	2,25
$m_{10} = 96^\circ$	94;7	2;0	4,0
$m_{11} = 92^\circ$	92;5	0;5	0,25
$m_{12} = 91^\circ$	90;7	1;0	1,0
$m_{13} = 90^\circ$	90;7	0;0	0,0
$m_{14} = 90^\circ$	88;5	1;5	2,25
$m_{15} = 87^\circ$	87;7	0;0	0,0
$m_{16} = 89^\circ$	86;5	2;5	6,25
$m_{17} = 86^\circ$	85;7	1;0	1,0
$m_{18} = 84^\circ$	84;7	0;7	0,49
$m_{19} = 80^\circ$	80;7	0;0	0,0
$m_{20} = 79^\circ$	78;7	1;0	1,0
$m_{21} = 78^\circ$	79;7	0;0	0,0
$m_{22} = 80^\circ$	77;7	3;0	9,0
$m_{23} = 70^\circ$	70;5	0;5	0,25
$m_{24} = 58^\circ$	66;5	8;4	72,25
		<u>37;2</u>	<u>133,24</u>

2. Durchschnittliche Abweichung:

$$\delta = \pm \frac{\sum |A_i|}{n} \quad \delta = \pm \frac{37;2}{24} \quad \delta = \pm 1^\circ 55'$$

3. Streuung nach Normalverteilungsgesetz:

$$a) \sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{n-1}}$$

oder

$$b) \sigma_2 = \eta \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad \left| \quad \eta = \frac{\sum \varepsilon_i}{\sqrt{n(n-1)}} \right|$$

* Bemerkung:

Wenn zwischen σ_1 und σ_2 größere Abweichungen auftreten, ist das Normalverteilungsgesetz nicht anwendbar, dann gilt der Fehler nach b).

Rechnung zu a):

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{n-1}} \quad \sigma_1 = \sqrt{\frac{133,24}{24-1}} \quad \sigma_1 = 2;406$$

Rechnung zu b):

$$\eta = \frac{\sum \varepsilon_i}{\sqrt{n(n-1)}} \quad \sigma_2 = \eta \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

$$\eta = \frac{37,2}{\sqrt{24(23)}} \quad \sigma_2 = 1;58 \cdot 1,25$$

$$\eta = 1;58 \quad \sigma_2 = 1;98$$

* Demnach ist der Wert für σ_2 anzuwenden.

Auch der aufsteigende bzw. absteigende Knoten kann aus den Aufzeichnungen zu ersehen sein und mit den Angaben aus dem Sternkalender verglichen werden. Um die Meßgenauigkeit zu überprüfen, können die Schüler in der Arbeitsgemeinschaft angeleitet werden, mit dem Sternkalender zu arbeiten.

In den Arbeitsgemeinschaften kommt es darauf an, Theorie und Praxis eng miteinander zu verbinden. Alle praktischen Beobachtungen, vorzugsweise aber Beobachtungsreihen, stellen eine wesentliche Hilfe im Erkenntnisprozeß dar. Sie dienen dem Erwerb grundlegender astronomischer Kenntnisse. Die Schüler erwerben Fähigkeiten im Umgang mit optischen Geräten. Sie lernen, genau zu beobachten und zu messen und ihre Ergebnisse kritisch auf Meßgenauigkeit zu überprüfen. Das Beobachten trägt zur Formung der wissenschaftlichen Weltanschauung der Schüler und zur Entwicklung des selbständigen Denkens und Arbeitens bei.

Literatur:

- Ahnert, Paul: Kalender für Sternfreunde 1967. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
 Ahnert, Paul: Kalender für Sternfreunde 1968. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
 Bronstein/Semendjajew: Taschenbuch der Mathematik. Teubner-Verlagsgesellschaft, Leipzig 1962.
 Ahnert, Paul: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1961.
 Polesny, B.: Die Beobachtung der Dichotomie des Planeten Venus. In: Die Sterne, 1966, 42. Jahrgang, Heft 7/8.
 Sandner, W.: Zur Dichotomie der Venus. In: Die Sterne, 1967, 43. Jahrgang, Heft 9/10.

Hinweise und Aufforderung zur Beobachtung des Großen Roten Fleckes auf Jupiter

HANS-JOACHIM BLASBERG

Seit einigen Jahren beobachten Amateure im Bezirk Dresden den Großen Roten Fleck (GRF) auf Jupiter. Dieses Objekt war in den letzten Jahren besonders auffällig und schon mit Fernrohren ab 50 mm Öffnung gut zu erkennen (Siehe S. 84).

Die Beobachtung besteht darin, aus der Zeit für den Durchgang des GRF durch die Jupiter-scheibenmitte die Position des Fleckes zu bestimmen. Sie läßt sich ziemlich zuverlässig abschätzen, wenn der Fleck symmetrisch von beiden Rändern der Planetenscheibe gleich weit entfernt steht. Wegen der schnellen Rotation des Jupiter kann dieser Zeitpunkt bei einiger Übung auf etwa eine Minute genau angegeben werden.

Die Position des GRF ist gleich dem Zentralmeridian für den bestimmten Zeitpunkt. Diesen Zentralmeridian errechnet man mit Hilfe der im Kalender für Sternfreunde (Ahnert) enthaltenen Tabelle über den Zentralmeridian (System II).

Bei Beobachtungen vor 1 Uhr MEZ bildet man zunächst die Differenz zwischen Beobachtungszeit und 1 Uhr des folgenden Tages. Für diese Differenz wird mit den Hilfstafeln des Kalenders der Winkel errechnet, um den sich Jupiter während dieser Zeit weiter dreht. Dieser Betrag wird von dem Tabellenwert des Zentralmeridians (System II) des der Beobachtung folgenden Tages abgezogen. Das Ergebnis ist der Zentralmeridian der Beobachtungszeit und gleichzeitig die Position, also die jovianische Länge des GRF.

Diese Position gilt für die Fleckmitte. Da er eine merkbare Ausdehnung hat, können nach dem gleichen Verfahren der Fleckanfang sowie das Fleckende und damit auch die Ausdehnung des Fleckes bestimmt werden.

Die Position sollte so oft sich die Gelegenheit dazu bietet beobachtet werden. Aus den erhaltenen Werten bildet man das Mittel für den Beobachtungszeitraum.

Im allgemeinen nimmt die Position des GRF in jovianischer Länge langsam zu. Es gibt aber auch Zeitabschnitte, in denen der Fleck „rückläufig“, seine jovianische Länge also kleiner wird. Dies ist in den letzten drei Jahren eingetreten.

Außer einer solchen langfristigen Rückläufigkeit scheint jedoch auch während einer Beobachtungsperiode die Position des GRF um kleinere Beträge vorwärts und rückwärts zu schwanken. Es ist daher angebracht, innerhalb einer Beobachtungsperiode die Ergebnisse kürzerer Zeitabschnitte zu mitteln. Als Zeitabschnitt wählt man jenen Zeitraum, in dem offensichtlich keine merkbare Positionsänderung erkennbar ist.

Es soll hiermit nochmals auf diese einfache und interessante Beobachtungsaufgabe aufmerksam gemacht und zur Mitarbeit in der kommenden Jupiter-Beobachtungsperiode aufgerufen werden. Je mehr Beobachter sich beteiligen, um so zuverlässiger wird das Ergebnis sein.

Meldungen über Beobachtungen bitten wir bis 30. 11. 1971 einzusenden an:

H.-J. Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Str. 44.

Die Meldungen sollen enthalten:

Name, Ort, Instrument, verwendete Vergrößerung, den beobachteten Zeitpunkt, die errechnete Position mit der Angabe worauf sie sich bezieht (Fleckmitte, -anfang oder -ende). Wenn das Berechnen der Position zu umständlich erscheint, genügt auch nur die Angabe der Zeitbestimmung.

Beobachtungsergebnisse über Positionsbestimmungen des GRF

Beobachtungs- zeitraum	Beobachter	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Position Fleckmitte
Januar ... April 1967	Blasberg, Dresden	11	27°,7
Januar ... Mai 1968	Seliger, Dresden	5	25,9
März ... Mai 1968	Blasberg, Dresden	11	26,3
Februar ... Juni 1968	Schöbel, Hirschfelde	5	27,8
März ... Juni 1969	Seliger, Dresden	14	22,7
Februar ... Mai 1969	Blasberg, Dresden	12	21,2
April ... Mai 1969	Sonnenburg, Zittau	10	21,9
April ... Juni 1970	Seliger, Dresden	13	22,2
März ... Juni 1970	Blasberg, Dresden	16	21,3

Aus der Literatur

Fester Wasserstoff auf dem Jupiter?

Der rötliche Fleck auf der Oberfläche des Jupiters der schon mit einem einfachen Fernrohr sichtbar ist, soll von festem Wasserstoff herrühren, der in flüssigem Wasserstoff wie ein Eisberg schwimmt. Diese Hypothese legte der Festkörperphysiker Professor R. Smoluchowski von der Princeton Universität vor. Auf diese Weise hofft er auch das Phänomen erklärt zu haben, daß das rote Gebilde nicht streng der Rotation des Planeten folgt, sondern daß es gegenüber der umgebenden Oberfläche eine Eigenbewegung mit Geschwindigkeiten um zwei Meter pro Sekunde ausführt. Spektroskopische Untersuchungen des Jupiter haben ergeben, daß auf dem Planeten neben geringen Spuren von Methan und Kohlendioxid zum überwiegenden Teil Wasserstoff und Helium vorhanden sind. Deshalb versuchte der Wissenschaftler seine „Insel-Hypothese“ aus den verschiedenen Aggregatzuständen des Wasserstoffs abzuleiten. Theoretische Festkörperuntersuchungen haben ergeben, daß es unter bestimmten Druck- und Temperaturumständen nicht nur flüssige Phasen, sondern auch feste Phasen des Wasserstoffs geben muß. Diese Erkenntnis läßt den Schluß zu, daß der Hauptteil des Planeten von einer flüssigen Phase eines Wasserstoff-Helium-Gemisches eingehüllt ist und der rote sichtbare Fleck aus festem Wasserstoff besteht, der auf der flüssigen Phase schwimmt und wie eine Insel wandert.

Nach ND, 17. 4. 1971

Nach Lunochod: Ein Schreitroboter

Im Institut für Steuerungsprobleme beschäftigen sich sowjetische Wissenschaftler mit Konstruktionsmöglichkeiten für ein räderloses Fortbewegungsmittel (Schreitroboter) auf anderen Himmelskörpern.

Bei dieser Arbeit bedienten sich die Wissenschaftler des Prinzips der Fortbewegung des Menschen (Schwerpunktverlagerung auf das Stützbein). Der mit zwei dreibeinigen Stützen versehene Schreitroboter nimmt während der Fortbewegung eine „zeilenweise Besichtigung“ der Oberfläche vor und kann als eigenbewegliches Transportmittel für Meß- und Informationsgeräte dienen.

Der Schreitroboter besteht aus vier Baugruppen: dem Rumpf in Form einer zylindrischen Schiene (Traverse), dem Hauptsteuerblock, dem wissenschaftlichen Gerätekomplex und zwei zusammenlegbaren dreibeinigen Stützen. Sowohl der Steuerblock als auch die Stützen sind entlang der Traverse verschiebbar angeordnet und können an jedem beliebigen Punkt festgeklampt werden. Während der Fortbewegung nimmt der Informationsblock die zu kontrollierende Oberfläche auf einem bestimmten Streifen, dessen Länge nicht begrenzt ist, in Augenschein. Diese Streifen bestehen aus einzelnen aufeinanderfolgenden Zeilen und können auf einem Fernsehbildschirm als gewöhnliche Bilder dargestellt werden. Nach Auffassung der Wissenschaftler kann der Apparat auf diese Weise die Oberfläche eines Himmelskörpers in unterschiedlichen Bereichen radioaktiver Strahlungen erforschen. Einiges wurde bereits in der Praxis – natürlich unter irdischen Bedingungen – überprüft.

Der neue Roboter besitzt auch „Panoramasiht“. Ferner kann er sich auf einer der Stützen drehen (die zweite wird zusammengeklappt).

Am Modell des Schreitroboters konnte eine interessante Tatsache festgestellt werden: Die Überwindung des Bodenwiderstandes und die Fortbewegung über Risse und Spalten verursacht dem Apparat nur minimale Energieverluste. Er setzt seinen Weg fort, wo andere Vorrichtungen Halt machen; seine Manövrierfähigkeit ist außerordentlich groß.

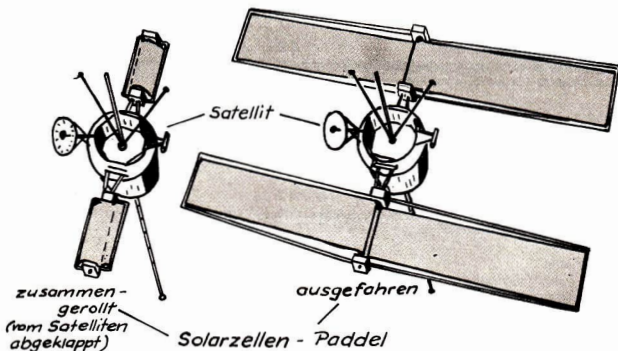
Prof. G. K. Katys/D. Tschetschel in „Nedelja“ Nr. 6 1971, nach PdsU 34 1971

Kosmische Strahlung als Lichtblitze gesehen

Wie „New Scientist“ (11.3.1971) berichtete, haben amerikanische Astronauten während eines Fluges zum Mond wiederholt Lichtblitze unbekannten Ursprungs wahrgenommen. Es wird vermutet, daß es sich um eine Auswirkung kosmischer Strahlung derart handelte, daß energiereiche Partikel mit annähernder Lichtgeschwindigkeit die Augapfelflüssigkeit in den Augen der Astronauten berührten und dabei teilweise Energie verloren, die in Form von Lichtquanten auftrat.

Flexible Solarzellengeneratoren für die Raumfahrt

Ein Funktionsmodell eines flexiblen Solarzellengenerators für Satellitenanwendungen wurde von AEG-Telefunken hergestellt. Es besteht aus einem $1\text{ m} \times 6\text{ m}$ großen Träger, der mit $20\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 0,3\text{ mm}$ großen Glas- und Aluminiumminiaturationen belegt ist, die zur Gewichtssimulation der Solarzellen dienen. Als flexibles Substrat wird $0,75\text{ }\mu\text{m}$ dickes Kapton verwendet. Der Generator liefert etwa $1,2\text{ kW}$ elektrische Leistung. In Fertigung befindet sich ein flexibler Generator, der mit $150\text{ }\mu\text{m}$ dicken Zellen belegt ist, auf denen sich Deckgläser gleicher Dicke befinden.



Flexible Solarzellenanlagen haben den Vorteil, daß sie bei geringerem Gewicht und kleinerem Startvolumen als bisherige Typen die Realisierung größerer Solarzellenpaddeln und damit höherer elektrischer Leistungen im Welt- raum ermöglichen. Sie werden im zusammengeklappten Zustand gestartet und im Welt- raum nach Ausstoßen des Flugkörpers durch die Rakete ausgeklappt und gespannt (siehe Abb.). Als Versteifungselemente dienen dünnwandige Schutzrohre (Storable Tubular Extendible Member, abgek. STEM) oder sogenannte Bi-Stems, die beim Einfahren auf eine Trommel handförmig aufgewickelt werden und sich beim Ausfahren zu einem Rohr formen. Besondere Probleme treten bei flexiblen Zellen durch die hohen mechanischen und thermischen Belastungen auf.

H. D. N.

Nach: Funkschau, 43 (1971), H. 2, S. 36.

Achtfachstart

In der Sowjetunion sind am 7. Mai 1971 acht Kosmos-Satelliten mit einer einzigen Trägerrakete auf Umlaufbahnen um die Erde gestartet worden. Es handelt sich um die Sputniks Kosmos 411 bis Kosmos 418. An Bord der Satelliten sind wissenschaftliche Geräte zur Fortsetzung des langfristigen sowjetischen Programms zur Erschließung des Weltraums eingebaut.

Nach: „Prawda“, 8. 5. 1971

Fortsetzung „Literatur“ S. 95

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung.

Khwolson	14 S	112 E
Orest D. (1852–1934), sowjetischer Physiker; Professor der Universität Leningrad; Untersuchungen der inneren Diffusion von Licht; entwarf Aktinometer und Pyrheliometer.		
Kibalchich	2 N	147 W
Nikolai I. (1853–1881), russischer Raketenwissenschaftler, Pionier der Raketenforschung; Entwurf von Raketenraumschiffen für bemannte Flüge.		
Kidinnu	36 N	123 E
(– Cidenas) (etwa 343 v. u. Z.), babylonischer Astronom; Leiter der astronomischen Schule zu Sippra; entdeckte die Präzession von Äquinoxen; beschrieb mathematisch die Bewegung des Mondes, der Sonne und der Planeten.		
Kimura	57 S	118 E
Hisashi (1870–1943), japanischer Astronom; Direktor des Internationalen Breiten-Observatoriums Mizusawa; Untersuchung der Veränderung von Breitenabstand und Polbewegung.		
King	5 N	120 E
Arthur S. (1876–1957) USA-Physiker; Leiter des Physikalischen Laboratoriums Mt. Wilson; elektrische Heizung; Klassifikation und Intensitäten von Spektrallinien.		
King		
Edward S. (1861–1957) USA-Astronom; Professor der Harvard-Universität; bestimmte photographisch die Größen heller Sterne und Planeten; verbesserte die Technik der Sternenphotographie und der Photographie ihrer Spektren.		
Kirkwood	69 N	157 W
Daniel (1814–1895), USA-Astronom; Professor, Jefferson College; Untersuchungen über Asteroiden und über die Saturn-Ringe (Kirkwood-Risse).		
Kleimenow	33 S	141 W
Ivan T. (1898–1938), sowjetischer Raketenwissenschaftler, Chef des Laboratoriums für Gasdynamik, später Chef des Raketenforschungsinstituts.		
Klute	37 N	142 W
Daniel O. (1921–1964), USA-Raketenwissenschaftler und Chemieingenieur; Rocketdyne Corporation, beteiligt an der Verbrennungsforschung bei der Entwicklung des Saturn F-1 Triebwerkes; in hohem Maße verantwortlich für die Lösung der Instabilitätsprobleme der Verbrennung in den F-1 Triebwerken.		
Koch	43 S	150 E
Robert (1843–1910), deutscher Physiker, Pionier der Bakteriologie; Nobelpreis 1905 für Physiologie und Medizin, führte 1877 Methoden zur Herstellung von Bakterienkulturen und ihrer Fixierungen mit Wärme ein; identifizierte die Erreger für asiatische Cholera und verschiedene Tropenkrankheiten; Tuberkulose-Impfstoff.		
Kohlschütter	15 N	154 E
Arnold (1883–1960), deutscher Astronom; Professor, Direktor des Observatoriums der Universität Bonn; Untersuchung von spektroskopischen Parallaxen; Sternenkatalog.		
Kolhörster	10 N	115 W
Werner (1887–1946), deutscher Physiker; Professor, Universität Berlin, Direktor des kosmischen Strahlenlaboratoriums Potsdam; Pionier bei der Beobachtung von kosmischen Strahlen in Ballons und Bergwerken; Gleichzeitigkeitmethode; kosmische Strahlungsschauer; Radioaktivität.		

Komarow	25 N	153 E
Vladimir M. (1927–1967), sowjetischer Kosmonaut; Pilot der Raumschiffe Woschod I 1964 und Sojus I 1967; wurde getötet bei der Bruchlandung von Sojus I.		
Kondratyuk	15 S	115 E
Jury V. (1897–1942), sowjetischer Raketenwissenschaftler; Pionier des sowjetischen Raketenbaus; entwickelte grundlegende Prinzipien der Kosmonautik; folgerte grundlegende Gleichung der Raketenbewegung (unabhängig von Ziolkowsky); entwickelte die Theorie der Mehrstufenraketen, optimale Flugbahnen usw.		
Konstantinow	20 N	159 E
Konstantin I. (1817–1871) russischer Raketenwissenschaftler; Pionier der ballistischen Forschung, Raketenproduktion und Konstruktion, Starttechnologie; ballistische Raketen.		
Kopff	17 S	90 W
August (1882–1960), deutscher Astronom; Direktor des Rechen-Instituts Heidelberg; F K 3 Sternenkataloge.		
Korolev	5 S	157 W
Sergei P. (1906–1966), sowjetischer Raketenwissenschaftler; Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Gründer, später Chef der Forschungsgruppe Reaktivbewegung, welche 1933 die erste sowjetische flüssigkeitsgetriebene Rakete schuf; spielte eine große Rolle in der Entwicklung des sowjetischen bemannten und unbemannten Raumflugs.		
Kostinsky	14 N	118 E
Sergei K. (1867–1936), russischer Astronom, Pulkowo-Observatorium; photographische Astrometrie; Parallaxen und Eigenbewegung; Breitenvariation.		
Kovalevskaya	31 N	129 W
Sofia (1850–1981), Mathematikerin (geb. in Moskau); Professor in Stockholm; partielle Differentialgleichung, Abel'sche Integrale, Theorie der Bewegung fester Körper um einen unbeweglichen Punkt; fester Charakter der Saturn-Ringteilchen.		
Kovalsky	22 S	101 E
Marian A. (1821–1884), russischer Astronom; Professor der Kazan-Universität, Theorie der Bewegung des Neptun, Theorie der Eklipsen, binäre Bahnen; schloß 1860 auf die galaktische Rotation und entwickelte die Eigenbewegung aus deren Studium.		
Kramers	53 N	128 W
Hendrik A. (1894–1952), holländischer Physiker; Professor, Leiden; Untersuchung über Quantenphysik; Intensität von Atomspektren; Neutralisierungsprobleme von Ladungen und Gasen; sagte (mit Heisenberg) den Raman-Effekt voraus.		
Krasovsky	4 N	176 W
Feodosy N. (1878–1948), sowjetischer Geodät, Akademie der Wissenschaften der UdSSR; Bestimmung der Größe der Abflachung der Erde; Triangulation; gravimetrische und astronomische Beobachtungen.		
Krylov	9 S	157 W
Alexej N. (1863–1945), UdSSR, Mathematiker, Mechanik-Ingenieur; Akademie der Wissenschaften der UdSSR; weit bekannter Spezialist im Schiffsbau; Studien über Differentialgleichungen; Theorie des Gyroskops.		
Kugler	53 S	104 E
F. X. (1862–1929), deutscher Jesuit; entzifferte die babylonischen Tafeln über Planetenbewegungen; Babylonische Chronologie.		
Kulik	42 N	155 W
Leonid A. (1883–1942), UdSSR, Mineraloge und Beobachter von Meteoriten; leitete wissenschaftliche Expeditionen in Gebiete mit Meteoriteneinfall einschließlich des Tunguska-Meteoriten (Sibirien).		

Kuo Shou Ching	8 N	134 W
(1231–1316), chinesischer Astronom, einige Werke über Astronomie, berechnete einen neuen Kalender; baute Instrumente und machte viele astronomische Beobachtungen.		
Lacchini	41 N	107 W
Giovanni (1884–1967), italienischer Amateur-Astronom; eins der ersten Mitglieder der AAVSO, machte Tausende Beobachtungen von Veränderlichen; wichtige Beiträge zur Entwicklung des Interesses an der Amateur-Astronomie in Italien.		
Lamb	43 S	101 E
Sir Horace (1849–1934), englischer Physiker, Mathematiker; Professor des Owens Colleges der Victoria-Universität Manchester; Bewegung von Flüssigkeiten; Flüssigkeitshydrodynamik; Hydrostatik; Ausbreitung von Erdbebenstößen auf der Oberfläche elastischen festen Materials.		
Lampland	31 S	131 E
Carl O. (1873–1951), USA-Astronom, Lowell-Observatorium, visuelle und photographische Studien der Planeten, Oberflächeneinheiten, Temperaturen; entdeckte viele veränderliche Sterne und Veränderungen der Nebel.		
Landau	42 N	119 W
Lev D. (1908–1968), sowjetischer Physiker; Professor der Moskauer Staatlichen Universität; Nobelpreis für Physik 1962; Forschungen an Festkörpern niedriger Temperatur und Kernphysik, Quantenfeldtheorie; Leiter der theoretischen Abteilung des Instituts für physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.		
Lane	9 S	132 E
Jonathan H. (1819–1880), USA-Physiker, Astrophysiker; Forschungen über die Kompression und Expansion von Gasen, physikalische Beschaffenheit und Temperatur der Sonne, Dichte solaren Gases; Lanes Gesetz über Wärmeerzeugung bei der Kontraktion eines gasförmigen Körpers; verschiedene andere Gebiete der Physik.		
Langemak	10 S	119 E
Georgy E. (1898–1938), sowjetischer Raketeningenieur, Konstrukteur von Raketen, die durch lange brennendes, rauchloses Pulver getrieben werden; einer der Leiter im Laboratorium für Gasdynamik, dem späteren Raketenforschungsinstitut der UdSSR.		
Langevin	44 N	162 E
Paul (1872–1946), französischer Physiker, Professor der Sorbonne; Forschungen über Schallformen, Studien über die Molekularstruktur von Gasen, Magnettheorie; Relativität, Röntgenstrahlen.		
Langmuir	36 N	129 W
Irving (1891–1957), USA-Physiker, Chemiker; Forschungslaboratorien von General Electric; Nobelpreis für Chemie 1932; Atom- und Molekularstruktur; begründete mit G. N. Lewis die Theorie der chemischen Wertigkeit.		
Larmor	32 N	180
Sir Joseph (1857–1942), britischer Mathematiker, Physiker; Professor der Universität Cambridge; mathematische Probleme der Elektrodynamik und Thermodynamik; atomare Struktur.		
Lauritsen	27 S	96 E
Charles C. (1892–1968), dänisch-amerikanischer Physiker und Raketenwissenschaftler; Professor an der Technischen Universität California; verantwortlich für die Entwicklung von Schiffsraketen, die im zweiten Weltkrieg verwendet wurden; Forschungen über Elektronik und Radiotechnik.		
Leavitt	46 S	140 W
Henrietta S. (1868–1921), USA-Astronom; Harvard Observatorium; entwickelte Methoden zur photographischen Bestimmung von Größen Veränderlicher Sterne; entdeckte 2400 Veränderliche und das Periodenlumineszenz-Verhältnis in den Magellan'schen Wolken.		
Lebedev	48 S	108 E
Peter N. (1866–1912), russischer Physiker; Professor, Moskau; experimentelle Forschungen über Lichtdruck, dessen Existenz er nachzuweisen und zu messen versuchte; Forschungen über Lichtelektrizität.		

Fortsetzung folgt.

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

Über die Berechnung der Lebensdauer von Erdsatelliten

W. STRUBELL

Seit dem Start der ersten künstlichen Erdsatelliten und den Flügen zum Mond und den Planeten Venus und Mars ist das Interesse an den damit verbundenen technischen und wissenschaftlichen Problemen bei weitesten Kreisen der Bevölkerung stark gewachsen. Der Einsatz künstlicher Erdsatelliten erfordert bekanntlich eine mehr oder weniger genaue Kenntnis der Gesetze, nach denen sich ein Satellit um die Erde bewegt. Die Theorie der Bewegung eines Satelliten um die Erde ist im wesentlichen ein astronomisches Problem und muß mit den Methoden der Himmelsmechanik behandelt werden, so wie die Astronomen seit der Zeit Keplers und Newtons die Probleme der Planetenbewegung behandeln.

Es kann zwar nicht Zweck dieses Aufsatzes sein, Methoden der Himmelsmechanik abzuhandeln, für den Laien dürfte es jedoch interessant sein, die Lebensdauer von Satelliten zu berechnen.

Die Bahn, die ein Satellit von dem Zeitpunkt an, da keine „künstlichen“ Kräfte mehr auf ihn wirken, beschreibt, hängt davon ab, welche Höhe und Geschwindigkeit er im Augenblick des Brennschlusses, also beim Übergang in den freien Flug hat und von den Kräften, denen er von da an unterworfen ist.

Diese Kräfte sind sehr verschiedener Art; eine der wesentlichsten ist der Luftwiderstand. Alle bisher in die Bahn gebrachten Satelliten sind in Abhängigkeit ihrer Höhe einer mehr oder weniger starken Bremsung infolge Reibung durch die Erdatmosphäre ausgesetzt, die ihre Anfangsbahn im Laufe der Zeit so verändert und schrumpfen läßt, daß der Satellit in den tieferen Schichten der Atmosphäre verglüht.

Es sei noch bemerkt, daß man aus der Beobachtung dieser Bahnänderungen wichtige und unerwartete Aufschlüsse über die höchsten Atmosphärenschichten gewonnen hat.

Bei einer Abschätzung der Lebensdauer eines Satelliten ist also die Erdatmosphäre besonders zu berücksichtigen.

Nach dem Start eines unbemannten Satelliten lesen wir meist in der Zeitung oder hören im Rundfunk bzw. Fernsehen die folgenden Daten über:

Aus diesen gegebenen Daten müssen wir uns alle jene Werte ableiten, die wir für eine Bahnberechnung benötigen.

1. Umlaufzeit U_0 [min]
2. Perigäumshöhe oder minimale Höhe h_1 [km]
3. Apogäumshöhe oder maximale Höhe h_2 [km]
4. Masse des Satelliten [g]

Nach Pelkmann¹⁾ ist:

$$2 e_0 a = h_2 - h_1$$

$$2 a = h_2 + h_1 + 2 R \text{ [km] (R = Erdradius)}$$

$$e_0 = \frac{2 e_0 a}{2 a}$$

Weiterhin müssen Masse und Querschnitt des Satelliten bekannt sein. Daraus läßt sich K berechnen.

$$K = \frac{c \cdot Q}{m} \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \right]$$

$$m = \text{Masse des Satelliten [g]}$$

$$Q = \text{Querschnitt des Satelliten [cm}^2\text{]}.$$

Der Widerstandsbeiwert c wird mit 2 angenommen.²⁾ Für die Dichte $\varrho \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$ ist die Dichte im Perigäum einzusetzen und aus Tabellen zu entnehmen.³⁾ Weiterhin tritt eine Größe H , die sogenannte Skalenhöhe auf. Sie läßt sich nach Paetzold⁴⁾ nach der folgenden Formel berechnen:

$$H = \frac{k \cdot T}{M \cdot g}$$

Es bedeuten: T = Temperatur °K., M = Molekulargewicht, k = Boltzmann-Konstante und g = Schwerbeschleunigung. Bei der Beschaffung all dieser für eine solche Berechnung nötigen Daten leisten auch die von Pfaffe und Stache⁵⁾ herausgegebenen Typenbücher gute Dienste.

Die Berechnung der Lebensdauer eines Satelliten soll

in Anlehnung an die in ⁵⁾ gegebenen Daten⁷⁾ am Beispiel von Sputnik II gezeigt werden.

$$a = 7302 \text{ [km]} = 7,3 \cdot 10^8 \text{ [cm]}$$

$$K = 0,116 \text{ [cm}^2\text{/g]}$$

$$= 3,5 \cdot 10^{-13} \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

$$e_0 = 0,098 \text{ und die Hilfsgröße } = \frac{a \cdot e}{H} = 20.$$

$$U_0 = 103,7 \text{ [min]}$$

Die Änderung der großen Bahnachse pro Umlauf des Satelliten:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta a}{\text{Umlauf}} &= K \cdot \varrho \cdot a^2 \sqrt{\frac{2\pi}{z}} \left[(1 + 2e) + \frac{1}{8z} (1 + 6e) \right] \\ &= 0,116 \cdot 3,5 \cdot 10^{-13} (7,3 \cdot 10^8)^2 \sqrt{\frac{6,28}{20}} \left[(1 + 2 \cdot 0,098) + \frac{1}{160} (1 - 6 \cdot 0,098) \right] = 1,5 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

Mit der großen Bahnachse verändert sich aber auch die Umlaufzeit. Es ist nun:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta U}{U} &= 1,5 \frac{\Delta a}{a} \\ &= 1,5 \cdot \frac{1,5 \cdot 10^3}{7,3 \cdot 10^8} = 0,315 \cdot 10^{-5}\end{aligned}$$

Die Lebensdauer L von Sputnik II ist:

$$L \sim 0,75 \cdot e_0 \frac{U_0}{\frac{\Delta U}{U} \cdot 1440}$$

$$L = 0,75 \cdot 0,098 \frac{103,7 \cdot 10^5}{0,315 \cdot 1440} = 0,16905 \cdot 10^3 = 169 \text{ Tage}$$

Die tatsächliche Lebensdauer von Sputnik II betrug 162 Tage.⁶⁾ Nicht immer sind die Berechnungen so gut, da die Dichte in Perigäumshöhe nur ungenügend bekannt ist und nur dann L genau berechnet werden kann, wenn die Änderungen von U , a und e und damit auch von ΔU , Δa und Δe bekannt sind.

Bisher haben wir die Lebensdauer von Satelliten nach einem doch etwas aufwendigen Verfahren berechnet, das vor allem auch die Kenntnis von Masse und Form des Satelliten sowie der Dichte der Erdatmosphäre im Perigäum der Satellitenbahn und die ebenfalls nicht leicht zu bestimmende Skalenhöhe H voraussetzt. Man kann aber die Lebensdauer eines Satelliten auch dann berechnen, wenn man nur zwei Umlaufzeiten kennt und zwar diejenige am Anfang und eine spätere. Dabei ist es für die Rechnung günstig, wenn die zweite Umlaufzeit möglichst nahe bei der ersten liegt.

Bekanntlich verglüht ein Satellit dann, wenn die Umlaufzeit einen Wert von 88 Minuten erreicht hat, was einer mittleren Höhe von 180 km über dem Erdboden entspricht. Damit ist es möglich, aus dem Anfangswert von U_0 und dem momentanen Wert U auf die Lebensdauer L zu schließen. Bezeichnen wir wieder mit ΔU die Abnahme der Umlaufzeit in Sekunden pro Tag, so läßt sich daraus die Lebensdauer L ableiten, wenn U_0 in Minuten angegeben wird.

Es gilt:

$$L = \frac{24 (U_0 - 88)}{\Delta U}$$

Für Sputnik I ergeben sich dann die in Tabelle 1 angeführten Daten, wobei eben nur die verschiedenen Umlaufzeiten als bekannt vorausgesetzt werden.

Tabelle 1:

Datum	U [min]*	U [min]	U [sec/Tag]	L [Tage]	L [Tage]
6. 10. 57	96,20				
12. 10. 57	95,95	0,25	2,4	84	+8
21. 10. 57	95,55				
23. 10. 57	95,49	0,06	1,8	100,6	-8
27. 10. 57	95,31				
9. 11. 57	94,72	0,59	2,7	64	+28

Die Lebensdauer von Sputnik I betrug 92 Tage. Es zeigt sich, daß die berechnete Lebensdauer besonders dann verhältnismäßig gut ist, wenn man Umlaufzeiten zur Berechnung verwendet, die nahe beim Startdatum liegen.

Literatur:

1. W. Pelkmann: Die Sterne 42, 21 (1966). — 2. H. Molitz: Wehrtechnische Monatshefte 55, 593 (1958). — 3. ohne Verfasser: Künstliche Erdsatelliten 17. Folge, Moskau 1963, Seite 32. — 4. H. K. Paetzold: Raketentechnik und Raumfahrtforschung, 3, 45 (1959). — 5. H. Pfaffe und P. Stache: Typenbuch der Raumflugkörper, Berlin 1964 (bisher 2 Bände erschienen). — 6. dto., Seite 14. — 7. J. Erisehauf: Grundriß der theoretischen Astronomie, 3. Aufl., Leipzig 1922. A. Bohrmann: Bahnen künstlicher Satelliten, Mannheim 1963. — J. Astrand: Hilfstafeln zur Auflösung des Keplerschen Problems, Leipzig 1890. — 8. A. Sternfeld: Künstliche Satelliten, Leipzig 1959, Seite 246.

Zukunftspläne der NASA

KARL-HEINZ NEUMANN

I. Teil

Kürzlich gab die NASA die Planung ihres Office of Space Science and Application (OSSA) bekannt. Es handelt sich hierbei um Satelliten- bzw. Raumflugunternehmen, die entweder der praktischen Anwendung oder der weiteren Erforschung des kosmischen Raumes durch unbemannte Flugkörper dienen sollen. Für dieses langfristige Programm sind von der NASA bisher schon 1,78 Milliarden Dollar ausgegeben worden. Die größte Zahl der Starts in diesem Programm fällt in die Jahre 1971 bis 1973.

Für 1971 sind folgende Unternehmungen geplant:

Start einer weiteren interplanetaren Forschungsplattform vom Typ IMP (Interplanetary Monitoring Plattform). Der erste Start erfolgte am 13. März 1971 mit einer Thor-Delta-Rakete von Cap Kennedy aus. Dieser IMP-Satellit, dessen Masse 316 kg beträgt, gelangte auf eine exzentrische Umlaufbahn mit einem Perigäum von 232 km und einem Apogäum von 193 000 km. Mit seiner Hilfe werden das Magnetfeld und dessen Veränderungen sowie die kosmische Strahlung sowohl solaren als auch galaktischen Ursprungs untersucht. Er soll ferner der Warnung vor Sonneneruptionen dienen. An Bord befindet sich auch ein Datenverarbeitungscomputer für die Aufbereitung der zu übertragenden Meßwerte.

Start von zwei weiteren Mariner-Sonden (im Mai) zum Mars. Diese Sonden sollen in eine Mars-Satellitenbahn einfliegen. Start eines OAO-Satelliten (nachdem Ende 1970 der Start eines astronomischen Observatoriums vom Typ OAO fehlgeschlagen war) sowie eines weiteren OSO-Satelliten (der speziell solare Phänomene untersucht), eines Nachfolgers des Ende 1970 gestarteten SAS-Satelliten (Small Astronomy Satellite) und eines Satelliten vom Typ SSS (Small Scientific Satellite).

Für 1972 stehen folgende Starts auf dem Plan:

Erstmaliger Start eines Satelliten (mit der Bezeichnung Earth Resources Technology Satellite, ERTS) für Erdkundungen und zwar vor allem für Lagerstätten erkundung. Start eines Satelliten (mit der Bezeichnung Geodetic Earth Orbiting Satellite, GEOS) für geodätische Vermessungen. Start eines weiteren interplanetaren Forschungs-satelliten (IMP), eines weiterentwickelten Wettersatelliten für meteorologische Vermessungen und Bildübertragungen, und eines meteorologischen Beobachtungssatelliten (Synchronous Meteorological Satellite, SMS, der, in eine Synchronbahn gebracht, die Erde über dem Äquator in 23 Stunden und 56 Minuten unwandert und dadurch relativ zur Erdoberfläche still zu stehen scheint).

Für 1973 sind vorgesehen:

Start eines Satelliten ATS-F (eine wesentliche Weiterentwicklung der Applications Technology Satellites, die mit einer auf die Erde ausgerichteten großen Parabolantenne ausgerüstet sind) für technologische Experimente, eines weiteren aus der Explorer-Serie (zur Untersuchung der Erdatmosphäre) sowie aus der gleichen Serie eines Satelliten IMP mit einer exzentrischen Umlaufbahn, die im Apogäum bis in den interplanetaren Raum hineinführt, wie 1972 eines ERTS- und eines OSO-Satelliten, und schließlich eines Nimbus- und eines SMS-Satelliten (mit synchroner Umlaufbahn) für Wetterbeobachtungen und Wetterdatenübermittlung. In den interplanetaren Raum soll auch wieder eine Pioneer-Sonde entsandt werden.

Erstmals soll auch ein sogenanntes Flyby-Manöver an zwei Planeten erfolgen. Eine Planetenforschungs-sonde soll zunächst die Venus passieren, deren Gravitationsfeld dann die Bahn der Sonde so verändert, daß sie noch den Planeten Merkur erreichen und an diesem in geringem Abstand (1000 km) vorbeifliegt. Bei dieser Mission sollen Fernseh-bilder sowie Meßwerte von Venus und Merkur gewonnen werden.

Mit neun Starts ist 1973 (in der Vorausplanung) das Jahr mit der größten Starthäufigkeit.

Für 1974 sind bis jetzt die Arbeiten für nur zwei Unternehmen angelaufen. Es handelt sich dabei um einen weiteren Explorer- und einen weiteren OSO-Satelliten.

Für 1975 sind vorgesehen:

Der Einsatz des zweiten ATS-Satelliten (ATS-G), sowie eines Explorer. Die Marsforschung soll mit dem Start von zwei Viking-Sonden fortgesetzt werden. Diese Sonden sollen Landebehälter mitführen und eine Instrumentenkapsel weich auf der Oberfläche des roten Planeten absetzen.

1976 soll nur ein Start erfolgen und zwar der eines weiteren OSO-Satelliten.

Zwei große Projekte werden von der NASA schon jetzt vorbereitet. Eines davon ist das Projekt HEAO (High Energy Astronomical Observatory). Es handelt sich dabei um astronomische Teleskope, die automatisch arbeiten und eine Masse von rund 10 Tonnen haben sollen. Vorgesehene Startjahre sind 1974, 1975, 1976 und 1978. Im Haushaltsjahr 1971/72 wurden erstmals 10 Millionen Dollar für dieses Projekt vorgesehen. Die Projekt-B-Phase, die Definitionsstudie für diese automatischen Teleskope, wurde im März 1971 von der Grumman Aerospace Corp. und TRW Systems abgeschlossen. Die Vorarbeiten, die sogenannte Phase A, waren beim Marshall Space Flight Center erfolgt. Die Phase C, also die Entwicklungsarbeit für dieses Instrument, soll im kommenden Finanzjahr von Grumman and TRW in Angriff genommen werden. Man rechnet insgesamt mit Entwicklungskosten von 125 Millionen Dollar.

Die ersten beiden HEAO-Satelliten sollen eine Kreisbahn in etwa 300 km Höhe erhalten. Man rechnet bei jedem mit einer Arbeitszeit von ein bis zwei Jahren. Sie sollen hauptsächlich Überwachungs- und Kartierungsarbeit der Himmelsphäre hinsichtlich elektromagnetischer Strahlungsquellen im UV- und Röntgenstrahlungsbereich übernehmen. Als Trägereraketensystem ist die Titan 3-D vorgesehen. Die beiden folgenden HEAO-Satelliten sollen dann gezielte Beobachtungen an ausgewählten Objekten durchführen. Man hofft, die Teleskope bereits mit Raumtransportern auf ihre Bahn bringen zu können.

Das zweite Projekt ist die sogenannte „große Tour“. Dabei geht es darum, Sonden zu starten, die an Jupiter und Saturn vorbeifliegend, von diesen jeweils beschleunigt werden, sodaß dann die äußeren Planeten Neptun oder Pluto in bedeutend kürzerer Zeit erreicht werden können, als auf einer unbeschleunigten direkten Flugstrecke. Derartige Flugmanöver sind aber wegen der Konstellation der Planeten nur Ende der siebziger Jahre möglich. Im kommenden Haushaltsjahr sollen bereits 30 bis 50 Millionen Dollar für dieses Projekt ausgegeben werden. Die Gesamtentwicklungskosten werden auf 950 Millionen Dollar geschätzt. In der Vorbereitungsphase A war von Wissenschaftlern vorläufig festgelegt worden, daß nicht die wirkliche große Tour ausgeführt werden soll, bei der der Raumflugkörper an allen großen Planeten vorbei bis zum Pluto gelangt, sondern es wurden zwei Varianten ausgewählt. In den Jahren 1978, 1979 oder 1980 ergibt sich die Möglichkeit, eine Tour mit dem Vorbeiflug an Jupiter und Uranus auszuführen. Der Neptun würde dabei dann 1987, 1988 oder 1989 erreicht werden. Die nächste derartige Gelegenheit böte sich erst im Jahre 2155.

Die zweite vorgesehene Tour wäre ein Flug Jupiter-Saturn-Pluto. Startmöglichkeiten hierfür ergäben sich für die Jahre 1977 und 1978. Die nächste Gelegenheit für einen derartigen Flug käme dann erst wieder im Jahre 2076. Nach den vorläufigen Studien sollen diese Raumsonden eine Masse von etwa 700 kg besitzen. Der Anteil der Meßinstrumente würde dabei bei ungefähr 100 kg liegen. 25 % davon könnten als redundante Komponenten ausgeführt werden. Notwendig sind neue Stromquellen, da Solarzellen nicht mehr einsetzbar sind. Man denkt dabei an Isotopengeneratoren. Ferner wären relativ große Antennensysteme für die Nachrichtenverbindung notwendig. Die neunjährige Flugzeit stellt an die Bauelemente bezüglich der Zuverlässigkeit ganz neue Anforderungen. Es müssen Bordrechner vorhanden sein, die in der Lage sind, die einzelnen Systeme selbst zu kontrollieren und die selbst Reparaturfähigkeiten haben. Die wissenschaftlichen Aufgabenstellungen bei diesen beiden geplanten großen Touren bestehen in der Untersuchung der physikalischen Verhältnisse in der Nähe dieser Planeten, der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung ihrer Atmosphären, evtl. Feststellung geologischer Strukturen, der Temperaturverhältnisse und des Energiegleichgewichtes. Darüber hinaus: Feststellungen bezüglich von Strahlungsgürteln, genaue Bestimmung der Rotationsperioden sowie der Durchmesser dieser Planeten und der Struktur ihrer Gravitationsfelder.

+

Zu den eingangs genannten Startvorhaben wäre noch folgendes zu ergänzen:

Bei den ATS-Satelliten (Hauptauftragnehmer Fairchild Hiller, Corp.) rechnet man für ATS-F und ATS-G mit Gesamtentwicklungskosten von 152 bis 187 Millionen Dollar. Für die Explorer-Satelliten (Goddard Space Flight Center) sind Ausgaben von 36 bis 42 Millionen Dollar eingeplant. Die Satelliten für Erderkundung, ERTS-A und -B, (General Electric Corp.) werden 126 bis 185 Millionen Dollar Kosten verursachen. Die Kosten für den geodätischen Satelliten (Applied Physics Laboratory) sollen nur 10,4 bis 12,4 Millionen Dollar betragen. Da bisher schon eine Reihe von IMP-Satelliten (Goddard Space Flight Center) eingesetzt worden sind, belaufen sich hier die Kosten ebenfalls nur auf 18,7 bis 23,7 Millionen Dollar. Für die beiden „Mariner“-Mars-Sonden (Jet Propulsion

Laboratory) werden die Kosten zwischen 41 und 46 Millionen Dollar liegen. Der gleiche Auftragnehmer schätzt die Kosten für die Venus-Merkur-Sonde auf 94 bis 119 Millionen Dollar. Für die beiden Satelliten Nimbus E und F (General Electric) sollen 68 bis 78 Millionen Dollar entstehen. Das astronomische Observatorium OAO-C (Grumman Aerospace Corp.) wird die NASA 45 bis 50 Millionen Dollar kosten. Die vier Sonnenbeobachtungs-Satelliten OSO-H, -I, -J und -K (Ball Brothers Research Corp.) sollen Kosten in Höhe von 75 bis 85 Millionen Dollar verursachen. Für die beiden Pioneer-Sonden F und G (TRW-Systems), die im interplanetaren Raum bis in die Gegend des Jupiter vordringen sollen, werden Kosten in Höhe von 65,5 bis 80,5 Millionen Dollar entstehen. Die Kosten für die Synchron-Wetterstationen SMS (Philo-Ford Corp.) werden auf 17,8 bis 27,8 Millionen Dollar geschätzt. Relativ hohe Kosten (656 bis 806 Millionen Dollar) bereiten auch die beiden Mars-Landefähkörper Viking (Jet Propulsion Lab). Bisher sind für ihre Projektierungs- und Entwicklungsarbeiten schon 44 Millionen Dollar ausgegeben worden. Ein Teil dieser Mittel floß auch dem Kooperationskonzern Martin Marietta Corp. zu.

Zur Realisierung der 15 Komplexaufgaben des OSSA-Programms der NASA rechnet man mit Gesamtkosten von 1,44 bis 1,78 Milliarden Dollar. Dieses OSSA-Programm erstreckt sich über rund neun Jahre, also über den gleichen Zeitraum wie das Apollo-Projekt. Es sei daran erinnert, daß für das letztere schließlich rund 25 Milliarden Dollar ausgegeben worden sind.

Die Ausführung der bisher genannten Projekte ist noch nicht völlig gesichert. Das gilt in noch stärkerem Maße für die folgenden Projekte. Auch sie sind von den jährlich für die NASA bewilligten Haushaltsmitteln abhängig.

II. Teil

Nach Abschluß des gekürzten Apollo-Programms beabsichtigen die USA Ende 1972 erstmalig eine Experimentalaufstation unter der Bezeichnung Skylab auf eine Erdumlaufbahn im Höhenbereich von 435 km zu transportieren. Das Skylab wird aus der Drittstufe einer Saturn 5 gebildet. Sie ist als Aufenthalts- und Laboratoriumsraum für die künftige Mannschaft eingerichtet. In jenem Teil, in dem sich sonst das Mondlandefahrzeug befindet, ist der Docking Adapter angebracht. Wo sich sonst die Führungs- und Geräteabgruppe befindet, kommt das sogenannte ATM (Apollo-Teleskope-Mount), ein Teleskop, zum Einbau. Das ATM wird mit einer Saturn 1-C-Rakete gestartet und an die Geräteabgruppe der Saturn 5-Drittstufe angekoppelt. Etwa einen Tag später soll dann mit Hilfe einer Saturn 1 B ein Apollo-Fahrzeug mit der Besatzung für diese Raumstation gestartet werden, welches an der Docking-Einheit feststeckt. Die erste Mannschaft soll sich 28 Tage im Skylab aufhalten und dort ihre Forschungsaufgaben absolvieren. Die Rückkehr zur Erde wird mit dem Apollo-Fahrzeug erfolgen. Es ist vorgesehen, weitere drei Astronauten rund 2 Monate später zum Skylab zu bringen. Sie sollen sich 56 Tage dort aufhalten und arbeiten. Einen weiteren Monat später kann dann eine dritte dreiköpfige Besatzung ihre Tätigkeit aufnehmen. Auch sie wird sich 56 Tage in der ersten amerikanischen Experimentalaufstation aufhalten. Vorläufig sind 50 verschiedene wissenschaftliche Experimente vorgesehen.

Zwischen 1975 und 1976 ist der Aufbau einer größeren Raumstation geplant. Sie soll 6 bis 12 Mann Platz bieten. An diese Station lassen sich einzelne Geräteträger ankoppeln. Sie wird die Grundlage für spätere Unternehmungen (Reisen zum Mond und evtl. zu Planeten) bilden. Während die erste Station durch mehrere Kopplungen zusammengebaut, auf relativ niedriger Umlaufbahn die Erde umwandern soll, sind für 1980 Stationen in polaren Umlaufbahnen sowie in Synchronumlaufbahnen vorgesehen. Die NASA hofft, Mitte der achtziger Jahre eine permanente Raumstation zu besitzen, in der sich 50 bis 100 Astronauten aufhalten können.

Die Apollo-Flüge sollen bekanntlich mit Apollo 17 ihren Abschluß finden. Z. Zt. diskutiert man allerdings schon darüber, ob nicht Apollo 17 auch noch abgesetzt werden könnte.

Die Vorstellungen der NASA für die weitere Mondforschung sehen eine Verlängerung des Aufenthalts der Astronauten sowie eine Vergrößerung ihres Aktionsradius auf dem Mond vor. Man hofft noch immer, daß etwa von 1975/76 an ständige Stationen auf Mondumlaufbahnen aufgebaut werden können. Da die Mondsatellitenbahnen dieser mit mehr als 3 Mann besetzten Stationen polar sein sollen, könnte man von diesen Mondsatelliten aus jeden beliebigen Punkt auf der Mondoberfläche anfliegen. Diese Phase hängt jedoch von der Entwicklung einer größeren Raumstation im Erdbereich ab. Eine weitere Voraussetzung wäre, wiederverwendbare Raumtransporter mit Atomtrieb zur Verfügung zu haben, außerdem ein wiederverwendbares Mondlandefahrzeug (Space Tug). Von einer mit 6 Astronauten besetzten Station auf der Mondumlaufbahn könnten dann jeweils 3 Mann zur Mondoberfläche absteigen und dort bis zu 28 Tagen ihre Untersuchungen ausführen. Mit einer Raumfähre würde Nachschub von der Station auf der Erdumlaufbahn zur Station auf der Mondumlaufbahn gebracht werden, während das wiederverwendbare Mondlandefahrzeug Menschen und Material von der in der Mondumlaufbahn befindlichen Station zur Mondoberfläche befördern und den Astronauten als Unterkunft während ihres Mondaufenthalts dienen könnte. Man denkt daran, in den achtziger Jahren eine ständige bemannte Mondstation zu errichten, in der sich die Wissenschaftler mehrere Monate aufhalten sollen. Diese Mondstation könnte 1986 ihren Betrieb aufnehmen und bis zu 50 Mann beherbergen.

Bezüglich der Forschungsvorhaben im Planetensystem gibt es neben den schon erwähnten Unternehmungen noch folgende zusätzliche Pläne: In der BRD werden Sonnenforschungsfugkörper mit der Bezeichnung Helios von der Konzerngruppe Messerschmitt-Boelkow-Blom entwickelt. Sie sollen 1974 und 1976 von der NASA gestartet werden und auf exzentrische Planetenbahnen mit einer Umlaufzeit von etwa 200 Tagen gelangen. Dabei sollen sie sich der Sonne bis auf 32 Millionen km nähern. Neben dem schon erwähnten Flyby an Venus und Merkur soll 1978 eine weitere Sonde den Planeten Merkur passieren. Für 1982 ist vorgesehen, eine Sonde in eine Satellitenbahn um den Merkur zu bringen. Zur Venus beabsichtigen die USA folgende weitere Raumflugunternehmen: 1977 und 1978 je eine Passage an der Venus durch Raumflugkörper vom Mariner-Typ. Außerdem soll 1978 eine Raumsonde in eine Satellitenbahn um die Venus gebracht werden. Erst für 1980 ist zum ersten Mal die Landung einer wissenschaftlichen Meßapparatur der USA auf der Venus vorgesehen. 1981 sollen dann zwei weitere künstliche Venus-

Satelliten diesen Planeten umrunden. 1982 schließlich soll das von einer Landung auf dem Mars zurückkehrende bemannte Raumfahrzeug nahe an der Venus vorbeifliegen. Hinsichtlich des Mars haben die USA neben den schon erwähnten Unternehmungen der Jahre 1971 und 1973 die Absicht, 1975 zwei Viking-Sonden auf der Marsoberfläche wegzulanden. Für 1977 und 1979 stellt man sich vor, daß unbemannte automatische Fahrzeuge auf dem Mars landen und dort Untersuchungen vornehmen. Obgleich keine besonders großen Aussichten dafür bestehen, daß die NASA die notwendigen Mittel für eine bemannte Mars-Mission Anfang der achtziger Jahre erhält (sie würden mindestens in der Größenordnung der Apollo-Mittel liegen müssen), steht auf ihrem Terminkalender immer noch die bemannte Mars-Landung für 1981. In diesem Falle würden sich die Astronauten rund 60 Tage auf dem Mars aufhalten müssen. Das gesamte Unternehmen nähme zwei Jahre in Anspruch. Der Gürtel der Planetoiden soll nach den NASA-Plänen im Jahre 1975 erstmalig von einer Forschungssonde durchflogen werden. Für 1981 ist geplant, daß eine Sonde sich dem Planetoiden Eros, dessen Durchmesser etwa 30 km beträgt, annähert. Neben den beiden schon erwähnten Vorbeiflügen von Raumforschungsfugkörpern am Planeten Jupiter bei den beiden geplanten großen Touren und der Entsendung von Pioneer-Fugkörpern in die Nähe des Jupiters, soll 1974 eine weitere Sonde den Planeten passieren. Das gleiche ist auch für 1980 geplant. 1978 will die NASA einen Forschungsfugkörper in eine Jupiter-Umlaufbahn bringen. Für den Ringplaneten Saturn ist neben der großen Tour nur für 1981 die Entsendung einer Sonde, die in eine Satellitenbahn um diesen Planeten gelangen soll, vorgesehen. Außerdem ist noch an die Entsendung einer Forschungs-sonde im Jahre 1976 zum D'Arrestschen Kometen gedacht.

Wenn es der NASA gelingt, die vorgesehenen Mittel zu erhalten, hofft man, bereits in der Mitte dieses Jahrzehnts die ersten zweistufigen Raumtransporter einzusetzen. Man denkt daran, diese Raumtransporter, bei denen beide Stufen wieder zur Erde zurückkehren können, bis zu hundert Mal einsetzen zu können. Voraussetzung für den sogenannten Space Tug sind diese Raumtransporter. Wie schon erwähnt, bilden diese wiederum die Voraussetzung für die geplante Mondstafette. Ob allerdings der sogenannte Nuclear Shuttle tatsächlich zu dem vorgesehenen Zeitpunkt einsatzbereit sein wird, ist fraglich. Die Grundlage dafür bildet das Atomtriebwerk NERVA. Hierbei soll Wasserstoff aufgeheizt werden und mit sehr hoher Geschwindigkeit aus der Düse ausströmen. Nach einer Reihe von erfolgreichen Bodenversuchen gab es in letzter Zeit durch Mittelkürzungen Schwierigkeiten bei der Fortführung dieser Experimente.

Die NASA erklärte wörtlich zu den im zweiten Teil dieses Artikels genannten Projekten: „Die Verwirklichung all dieser Pläne scheint durchaus möglich, hängt jedoch von zwei grundlegenden Bedingungen ab, nämlich der Fortdauer des Friedens auf der Welt und davon, daß sich die politische und wirtschaftliche Situation in den USA nicht ernsthaft verschlechtert.“

Probleme der Raumfahrtmedizin

Es ist bereits ganz offensichtlich, daß sich der über sehr große Anpassungsmöglichkeiten verfügende menschliche Organismus an eine kurze Einwirkung der Schwerelosigkeit adaptiert. Bisher erwiesen sich alle Veränderungen im menschlichen Organismus als reversibel und hatten keinerlei ungünstige Folgen. Je länger die Flüge dauern und folglich die Schwerelosigkeit auf die Raumflieger einwirkt, desto schwerer wird die Überlastung bei der Landung und bei der Rückkehr zu den Lebensbedingungen auf der Erde zu ertragen sein. Deshalb erlangt das Problem der Readaptation heute außerordentliche Bedeutung.

Viele Wissenschaftler neigen zu der Ansicht, das Herz-Kreislauf-System sei der „schwache Punkt“. Woran liegt das?

Offensichtlich war der qualitative Sprung, der mit dem aufrechten Gehen des Menschen erfolgte, nicht allein mit tiefgreifenden emotionalen Veränderungen verbunden, sondern führte gleichzeitig zu physiologischen Umstellungen. Die Tätigkeit des Herz-Kreislauf-Systems gestaltete sich so, daß das Herz die Masse des Blutes bis zur Höhe des Körpers befördern, das heißt die Schwerkraft überwinden mußte. Wenn sich der Mensch im Zustand der Schwerelosigkeit befindet, fehlt der hydrostatische Blutdruck. Das bereitet den Raumfahrern gewisse Schwierigkeiten. Insbesondere erfolgt ein starker Blutandrang zum Kopf, während das Herz allmählich mit einer geringeren Belastung zu arbeiten beginnt. Auch seine Masse kann abnehmen.

Im Zustand der Schwerelosigkeit wird auch ein so wesentlicher Faktor der Blutzirkulation wie die intensive Muskelkontraktion schwächer. Bei der Fortbewegung ziehen sich die Muskeln zusammen, pressen gleichsam einen Teil des Blutes heraus und unterstützen damit die normale Blutzirkulation. Beim Raumflug verändert sich dieser Mechanismus. Dazu kommt noch die innere Regulierung der Blutzirkulation. Das Blut hat eine bestimmte Masse, ein bestimmtes Gewicht, das auf die Gefäßwände drückt. Im Zustand der Schwerelosigkeit stellt das Blut nicht mehr den üblichen Reiz für das Regulierungssystem der Blutzirkulation dar, was mit der Zeit zu einem unzureichenden Training dieser Regulationsmechanismen führt.

Als zweites kritisches Moment kann man das Gleichgewichtssystem nennen, das den Menschen über die Stellung seines Körpers im Verhältnis zur Richtung der Schwerkraft „informiert“. Im Zustand der Schwerelosigkeit verändert sich die Funktion des Vestibularapparats und der anderen Orientierungsorgane, wobei mitunter falsche Vorstellungen oder unangenehme Empfindungen entstehen. In den meisten Fällen jedoch paßt sich der Raumflieger recht schnell den Besonderheiten der Orientierung, Bewegung und der erforderlichen Arbeitsweise an. Nach der Rückkehr auf die Erde ist eine gewisse Zeit erforderlich, damit dieses System unter den Bedingungen des Gravitationsfeldes der Erde wieder vollwertig funktioniert.

Auch einige Fragen der Ökologie spielen eine Rolle: das Gleichgewicht zwischen dem Menschen und seiner Umgebung, in der er sich längere Zeit aufhält. Bekanntlich sind in unserem Organismus in großer Zahl Mikroorganismen

men angesiedelt. Bestimmte Gruppen dieser Mikroorganismen liefern dem Menschen die von ihm benötigten Aktivstoffe wie Vitamine und unersetzliche Aminosäuren. Die Einwirkung der Raumflugfaktoren kann zu einer Störung des vorhandenen Gleichgewichts führen. Die Ursachen dafür können unterschiedlich sein.

Bei einem Flug von längerer Dauer müssen besondere Maßnahmen zur Beseitigung von Verunreinigungen jeder Art, einschließlich Mikroben, im Raumschiff getroffen werden. Ebenso werden die Raumnfahrer weitgehend mit sterilisierter Nahrung versorgt. Damit ergibt sich gleichsam die Situation einer inneren Sterilisierung des Raumschiffes. Als Ergebnis der Einwirkung all dieser Faktoren setzen qualitative und quantitative Veränderungen der den Menschen ständig „begleitenden“ Mikroorganismen ein. Auch das Verhältnis des Organismus zu ihnen wird sich verändern. Insbesondere kann es zu einer Schwächung der Schutzreaktionen des Menschen gegenüber den Mikroorganismen kommen.

Somit wird es mit einer weiter zunehmenden Dauer der Raumflüge notwendig sein, Mittel zu entwickeln, die die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen Mikroorganismen aufrechterhalten und dabei die Besonderheiten des Lebens und der Arbeit der Menschen in der Kabine eines Raumschiffes berücksichtigen.

O. G. Gasenko, Direktor des Instituts für biologisch-medizinische Wissenschaften des Ministeriums für Gesundheitswesen der UdSSR in „Prawda“ vom 27. 4. 71, nach PdsU Nr. 57/71 (gekürzt).

Satellitenfernmeldedienste

Kommerzielles Fernmelde-Satellitensystem INTELSAT

Durch die 1969 durchgeführte Erweiterung des Fernmeldesatellitensystems mittels INTELSAT-III-Satelliten können Telefonie und Fernsehen (schwarz-weiß und farbig) in jede der 3 ozeanischen Regionen Atlantik, Pazifik, Indischer Ozean) mit einem kompletten Vielfachzugriff für Erdstationen die im Empfangsbereich dieser Gebiete liegen, übertragen werden. Das „Interim-Communications-Satellite-Committee“ – das Führungskomitee von INTELSAT – hat im Frühjahr 1970 das Programm für die nächsten beiden INTELSAT-III-Satelliten für die atlantische Region festgelegt. Einer dieser Satelliten soll den INTELSAT-III-Satelliten ablösen, der Wärme-probleme hat, während der andere zusätzliche Kapazitäten für diese Region bereitstellen soll. Derzeitig sind die INTELSAT-IV-Satelliten in Arbeit. Ihr Abschluß beginnt im Jahre 1971. Jeder Satellit ist mit einer Kapazität von über 5000 Fernmeldekreisen entworfen, einschließlich der Kreise für Fernsehen.

Internationale Fernmeldesatellitenverbindungen Kanadas

Die kanadische Übersee Fernmeldevereinigung (Canadian Overseas Telecommunication Corporation) beendete im Februar 1969 den Bau einer kommerziellen Fernmeldesatellitenerdstation bei Mill Village (Nova Scotia). Die Station steht auf dem gleichen Gebiet wie die früher vom Kanadischen Transportdepartement (Canadian Department of Transport) erbaute experimentelle Bodenstation. Die Station wurde sofort nach ihrer Fertigstellung für den kommerziellen Fernmeldeverkehr mit den europäischen Nachrichtenverwaltungen in Dienst gestellt und arbeitet über den Satelliten INTELSAT III, der über dem Atlantik steht. Der Betrieb über INTELSAT III erfolgt bis Anfang 1971. Dann wird INTELSAT III durch einen Satelliten mit größerer Kapazität ersetzt. Der neue INTELSAT-IV-Satellit wird weiteren Bodenstationen den Zutritt ermöglichen. Es ist geplant, die Einrichtungen der Station in Mill Village zu diesem Zeitpunkt – entsprechend den neuen Forderungen – zu ersetzen. Der Entwurf der neuen Station enthält den Einbau einer lenkbaren Cassegrain-Außenantenne von 97 ft Durchmesser und eine Vielfachzuführung, die gleichzeitig Senden, Empfangen und Verfolgen ermöglicht.

Der Entwurf der Außenantenne wurde erforderlich, nachdem verschiedene Versuche den Beweis für das Schwindverhalten der experimentellen Antennenabdeckung und des umgebenden Antennengebietes erbracht hatten. Um das Problem der Schnee- und Eisansammlung auf der Innenwölbung der Außenantenne zu lösen, wurde in den Hauptreflektor eine elektrische Enteisungsanlage mit 500 kW Heizleistung eingebaut. Das komplette System wurde so entworfen, daß es sich mit den entsprechenden Empfehlungen des Internationalen Fernmeldevereins in Übereinstimmung befindet, wenn es über die Satelliten des INTELSAT-Systems betrieben wird.

Das System ist derzeit für den gleichzeitigen Empfang von 8 frequenzmodulierten Trägern im Band von 3,7 bis 4,2 GHz und der gleichzeitigen Sendung von 3 RF-frequenzmodulierten Trägern im Band 5,925 bis 6,425 GHz ausgerüstet.

Mit Einführung der INTELSAT-IV-Satelliten ist einzuschätzen, daß sich die Empfangsfähigkeit auf den Empfang von 14 RF-Trägern und die Sendung von 4 Vielfachbestimmten Trägern erweitern wird.

Als aktives Mitglied von INTELSAT nimmt die „Canadian Overseas Telecommunication Corporation“ an der weiteren Entwicklung zur Einführung von kommerziellen Fernmeldesatellitenverbindungen teil. In diesem Zusammenhang wird die Mill Village-Station 1971 mit einer neuen PCM/PSK Einrichtung Versuche über den INTELSAT-IV-Satelliten aufnehmen.

Satellitenfernmeldeverbindungen Großbritannien

Nach Inbetriebnahme des INTELSAT-III-F2 Satelliten im Dezember 1968 wird die Goonhilly-Erdstation Nr. 2 seit Januar 1969 mit dem über der Atlantik-Zone stehenden Satelliten betrieben. Zunächst wurde der Dienst mit der USA und Kanada auf zwei Sendeträger aufgenommen, die im Oktober auf 3 erweitert wurden.

Die Gerätemontage auf der Goonhilly-Station Nr. 1 wurde beendet und der Betrieb via INTELSAT III-F3-Satellit mit der Zone Indischer Ozean aufgenommen.

Nach einem schnellen Wachstum aller Verbindungen bestanden Ende des Jahres 1969 von England 165 Fernmeldekreise über den Atlantik-Satelliten nach USA, Kanada, Iran und Brasilien. Zusätzlich wurden 32 Fernmeldekreise über den Satelliten über dem Indischen Ozean mit Australien, Kuwait, Japan, Bahrain und Doha eingerichtet. Der schnelle Aufbau von Fernmeldekreisen wird sich fortsetzen mit neuen Verbindungen nach Griechenland, Jordanien, Marokko, Nigeria, der Atlantischen Region sowie nach Ost-Afrika, Indien, Malaysia, Philippinen, Singapur und Thailand mittels des Satelliten über dem Indischen Ozean.

Kanadische Inland-Fernmeldesatellitenverbindungen

Eine Gesellschaft mit staatlichen und öffentlichen Teilnehmern wurde unter dem Namen TELESAT CANADA durch das Parlament im September 1969 berechtigt, mit dem Aufbau eines kommerziellen Fernmeldesatelliten-dienstes innerhalb Kanadas zu beginnen. Es wird erwartet, daß dieses System 1972 seinen Betrieb aufnimmt. Es soll in erster Linie für Telephoniedienste nach und in entfernten Gebieten der kanadischen Arktis und für die Erweiterung der Farbfernsehverteilung in englischer und französischer Sprache eingerichtet werden.

Derzeit wird am Entwurf und am Bau der Satelliten gearbeitet. Der Satellit (etwa 565 kg) wird in einem synchronen Umlauf platziert und von der USA mit einer Thor-Delta-Rakete abgeschossen werden. Er soll im 4-GHz und im 6-GHz-Band betrieben werden. Er hat 6 Rundfunkkanäle, jeder mit einer nutzbaren Bandbreite von 36 MHz und einer ERP von 34 dBW. Das Versorgungsgebiet von Kanada wird mit einer einzigen 4° x 8° elliptischen Strahlbreite ertastet. Das System ist so entworfen, daß zwei Satelliten in der gleichen Nominalposition eines Synchron-umlaufs lokalisiert sind und eine 12-Kanalverteilung pro Umlaufstandort ermöglichen.

Die Erdstationen, die in der kanadischen Arktis benutzt werden sollen, sind für eine G/T von 20 dB geplant. Sie arbeiten wartungsfrei und unbemannt. Für Sendung und Empfang sind 12 bis 60 Sprachkreise vorgesehen oder die Übertragung von ein oder zwei Fernsehkanälen. Zur Erweiterung der Fernsehprogrammverteilung sind Erdstationen mit einem G/T Verhältnis von 25,5 bis 28 dB geplant, eine Art, die für die weit entfernten Regionen, in der niedrige Kosten wichtig sind, geeignet ist. Anfangs sollen etwa 30 Stationen dieses Typs vorgesehen werden.

Betriebsdienst der italienischen Fernmeldesatelliten-Bodenstation

Der Fernmeldeverkehr über die Fucino-Erdstation betrug am 31. 12. 1969 145 Arbeitskreise (am 31. 12. 1968 nur 65), die sich folgendermaßen aufteilen:

Italien-USA 69, Italien-Brasilien 4, Italien-Kanada 9, Italien-Chile 3, Italien-Mexiko 4, Italien-Panama 1, Italien-Peru 2, Italien-Argentinien 5, Italien-Libanon 2, Italien-Iran 2. Gesamtzahl 101.

Griechenland-Kanada 5, Griechenland-USA 11, Israel-USA 6, Libyen-USA 1, Schweiz-USA 10, Türkei-USA 1. Gesamt-Transit 34. Zeitweilige Verbindungen 10.

Durch die FUCINO-Station wurden 1969 74 Fernsehsendungen durchgeführt. 1968 waren es 91.

Internationale Fernmeldeverbindungen Australiens

Mittels der Overseas Telecommunications Commission setzte Australien im Jahre 1969 seine Teilnahme am INTELSAT als Verwaltungsmittglied im Zwischenkomitee für Fernmeldeverbindungen und betrieblich durch Benutzung der INTELSAT-Satelliten über dem Pazifik und dem Indischen Ozean fort. Eine intensive Tätigkeit gab es auf dem Gebiet der Komplettierung von zwei zusätzlichen Standard-Erdstationen in Carnarvon in Westaustralien und Ceduna in Südastralien. Diese Stationen sind durch die geographischen Koordinaten 113°42' Ost 24°52' Süd sowie 133°53' Ost und 31°54' Süd lokalisiert. Die Erdstation von Ceduna begann ihren Betrieb am 15. Dezember 1969 und arbeitet mit der Erdstation Goonhilly Downs in England und Djatjihar in Indonesien zusammen. Mit der Aufnahme des Betriebes der Standard-Erdstation in Carnarvon übernahm sie ganztagig die Funktion zur Fernsteuerung und Fernmessung von INTELSAT-III-Satelliten, die über dem Pazifik und dem Indischen Ozean stehen. Während des Jahres erhielt die Station periodisch Fernmeldeadressen des Satelliten und übernahm eine Anzahl von Kommandos, insbesondere als der INTELSAT-III-F 3-Satellit vom Pazik zum Indischen Ozean überführt wurde.

Fernmeldesatelliten-Bodenstation Tangua, Brasilien

Die Station wurde am 28. 2. 1969 eingeweiht und nahm eine Woche später den aktiven Betrieb auf. Die Station arbeitet über den INTELSAT-III F 2-Satelliten. Es wird die Frequenz 6.340 MHz für Senden und 4.115 MHz für den Empfang benutzt. Der Anschluß an Rio de Janeiro erfolgt über eine Richtfunkverbindung. Die Kapazität der Verbindung erlaubt die Übertragung von über 960 Telephonkanälen und Zweikanal-Farbfernsehübertragungen.

Iranische Fernmeldesatelliten-Bodenstation

Die Iranische Fernmeldeverwaltung hat ihre Bodenstation im Gebiet von Asadabad (etliche km südwestlich von Hamadan) errichtet. Das Gebiet ist von Bergen umgeben. Es wurde nach umfangreichen Studien ausgewählt. Eine 300 km lange Richtfunkstrecke verbindet die Erdstation mit Teheran. Die Verbindung ist für 1200 Telephonkanäle und ein Farb- oder Schwarz/Weiß-Fernsehprogramm vorgesehen. Der Bau der Station wurde am 4. 10. 1969 beendet.

Inland-Fernmeldeverbindungen in Australien

Die australische Postverwaltung hat ihre Studien über die Durchführbarkeit und die Erfordernisse für einen australischen Satelliten, bzw. ein Inlandfernmeldesystem fortgesetzt. Die Fortschritte, die in den technologischen und ökonomischen Faktoren erreicht wurden, haben die Aussichten für ein Satellitensystem verbessert. Ab Mitte 1970 sollen die Kosten für Fernmeldeverbindungen über große Entfernungen und für Fernsehübertragungen gegenüber den Kosten für terrestrische Methoden günstiger geworden sein.

Meteorologische Satelliten

Die meteorologischen Satelliten der USA „ESSA“ 2, 5, 6, 7, 8, und 9 haben ihre Tätigkeit zur Übertragung von Wolkenbildern fortgesetzt. Die letzten drei der Satelliten wurden im vergangenen Jahr gestartet und haben Wolkenbilder des vollständig durch die Sonne beschienenen Teils der Erde aufgenommen (täglich 2). Ein Typ von Satelliten besitzt ein automatisches Bildübertragungssystem (A. P. T.), mit dem Bilder automatisch aufgenommen und während des Umlaufs übertragen werden. Etwa 400 Stationen in 59 Ländern haben Empfänger zur Aufnahme dieser Daten errichtet. Die Daten werden morgens zu den Lokalzeiten übertragen. Ein anderer Typ von Satelliten überträgt die Daten während der lokalen Nachmittagsstunden, während er etwa 13 Umläufe pro Tag durchführt. Diese Daten werden zu zwei Kommando- und Datenaufbewahrungstationen der Vereinigten Staaten übertragen. Von dort werden sie an das nationale Satellitenzentrum und an das nationale meteorologische Zentrum zur Auswertung und Verteilung weitergeleitet.

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

Meteorologischer Satellitendienst in Australien

Der Empfang meteorologischer Daten von den Satelliten ESSO und NIMBUS wurde von den Stationen Perth, Darwin und Melbourne fortgesetzt. Dabei benutzten die Stationen Melbourne und Perth ferngesteuerte Antennen. Darwins handgesteuerte Antenne soll im kommenden Jahr auf Fernkontrollbetrieb verändert werden. Über ein zweites Antennen- und Empfangssystem werden in Melbourne täglich Bildwetterdaten der USA über den ATS-1 Synchronsatelliten empfangen.

Eine bewegliche A. P. T.-Station zur Unterstützung der australischen Antarktisexpedition 1969/1970 wurde im vorhergehenden Sommer beschafft. Diese Einrichtung soll die Wettervorhersage während der geophysikalischen Untersuchungen im Prince Charles Mountain-Gebiet der Antarktis und für das Expeditionsschiff mittels Satellitenbilder sicherstellen.

Forschungen französischer Satelliten

auf den Gebieten der ionosphärischen und magnetosphärischen Physik

Der Empfang von VLF-Wellen durch die Ionosphäre wurde im FR 1-Programm beibehalten, bis die FR 1-Satelliten ihre Übertragung im März 1969 beendeten. Analysen der Messungen wurden 1970 fortgeführt und beendet. In bezug auf Hydromagnetische Wellen der Magnetosphäre wurden Versuche mit Ballons und Raketensonden in Kooperation mit Wissenschaftlern der UdSSR an den Beugungspunkten Kerguelen (Island) und Sogra (UdSSR) fortgesetzt.

Satelliten-Weltraumforschung

Elektronische Dichte und Temperaturdaten von Satelliten ARIEL III wurden benutzt, um Karten der kritischen Frequenz der F-Region herzustellen. Daten vom Topside-Sounding-Satelliten wurden ebenfalls benutzt. Die Resultate zeigen eine bisher unbekannte Verteilung der Ionisation, ihre praktische Auswertung wird vorgenommen. Experimente mittels des ESSO-Satelliten und eines weiteren Satelliten der ARIEL-Serie UK-4 sollen direkt oder indirekt zu Informationen über die Ionosphäre, ihre Partikel und die Strahleneinflüsse beisteuern. Gleiche Messungen über die Röntgenstrahlung der Sonne, die Intensität der Partikel ionosphärischer Elektronen und Ionendichten wurden von Raketen im Rahmen des englischen Nationalprogramms und des ESSO-Programms ausgeführt.

Versuche mitOGO IV- undOGO V-Satelliten haben Daten über die Nachthimmelenmission und eine große Zahl von vertikalen Verteilungen der Lyman-Alpha-Emission geliefert.

Die australische Regierung stimmte dem Bau einer 200 ft (61 m) Antenne für die Weltraumforschungsstation Tid bin billa (nahe Canberra) im Juli 1969 zu. Die Ausgrabungen zur Verstärkung des Antennenträgers wurden im November 1969 begonnen. Die neue Antenne, die ungefähr 10000000 \$A kostet, wird 1973 ihren Betrieb aufnehmen.

Loftb.

Wetterbilder von Satelliten

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1971 wurde eine interessante Neuheit gezeigt: das Wetterbild-Empfangssystem WES 2 des Zentralinstituts für Solar-terrestrische Physik der Deutschen Akademie der Wissenschaften. Mit dieser Anlage können Wolkenaufnahmen, die von meteorologischen Satelliten im sichtbaren und infraroten Bereich des Spektrums gemacht und mittels Radiosender sofort ausgestrahlt, empfangen und als fotografisches Bild aufgezeichnet werden.

Nach: ND, 17. 4. 71



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Interplanetare und Mondforschung heute und morgen · Herbert Pfaffe	97
20 Jahre Jodrell Bank · Horst Hoffmann	101
„Mars 2“ und „Mars 3“ · Herbert Pfaffe	105
513 Mondkrater erhielten Namen (Fortsetzung)	106

Amateure beobachten und berichten

Die Mondfinsternis am 6. August 1971 · Dietmar Böhme	108
--	-----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Amateure unterstützen die Schulastronomie. Zur 2. Regionaltagung der Amateurastronomen in Karl-Marx-Stadt · Heinz Albert	109
Seminar „Beobachtung der Planeten und ihrer Monde“ · Theo Christoph	111
Das Astronomische Zentrum „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam · A. Zenkert	111

Aus der Literatur

Rotverschiebung nicht nur kosmologischen Ursprungs?	112
Wie hell ist es im Innern eines Kugelsternhaufens? – Weitere Moleküle im interstellaren Raum entdeckt – Automatisierung in der Astronomie – Laser-Höhenmesser für Mondflüge	113
Von Hypothesen zu Tatsachen (Zum Flug von Mars 2 und 3).	114
Ist Unerwartetes auf dem Mars zu erwarten?	4. Umschlagseite

Bildbeilage

Die beiden Radiospiegel in Jodrell Bank	I
Apollo-14-Mondfotos	II/III
Bürgel-Gedenkstätte	IV

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte eines Raketentreibstoffes · Wolfgang Strubell	115
Bordelektronik für Apollo · Martin Bork	121
Entwicklung der bemannten Raumfahrt der Sowjetunion · Karl-Heinz Neumann	125

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; Heinz Albert; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Heesische Straße 11/12. Fernsprecher: 429744/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1971 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: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Interplanetare und Mondforschung heute und morgen

HERBERT PFAFFE

In einer offiziellen Verlautbarung sowjetischer Wissenschaftler zum 10. Jahrestag der bemannten Raumfahrt am 12. April 1971 heißt es: „Die Epoche, da über die Natur der anderen Planeten nur Hypothesen aufgestellt werden konnten, die sich auf erdgebundene Beobachtungen stützten, ist vorbei. Begonnen hat die Epoche einer allseitigen Erforschung von Himmelskörpern. Das wird nicht nur unsere Erkenntnisse über das Weltall unermesslich erweitern, sondern auch die Möglichkeiten bieten, die Schätze anderer Welten zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen auf Erden zu verwenden. Die sowjetischen künstlichen Erdsatelliten helfen bereits, volkswirtschaftlich wichtige Aufgaben zu lösen. Es seien hier nur Funkverbindungen über weite Entfernungen, Übertragungen von Fernsehsendungen und meteorologische Beobachtungen genannt.

Die Einsatzgebiete der künstlichen Erdsatelliten und Raumschiffe sind unermesslich groß. Höchstwahrscheinlich werden bereits in naher Zukunft große Außenstationen mit unterschiedlichem Verwendungszweck um die Erde kreisen: Relaisstationen, physikalische Laborkontrollen, Sternwarten, Wetterstationen, in denen Wissenschaftler und Bedienungspersonal ihrer Arbeit nachgehen.“

Das Wunder des 20. Jahrhunderts wird heute schon Lunochod 1 genannt! 3,10 m lang, 1,80 m hoch und nur 756 kg schwer, auf dem Mond 6mal leichter – ein wahrhaft phantastisches Gerät! Wenige Tage vor dem 21. März 1971 (dem Tage, an dem dieser Artikel geschrieben wird), ist Lunochod 1 in den 5. Arbeitsmonat eingetreten. Lunochod 1 durchfuhr 500 bis 600 m große Krater und überwand Hügel und Kraterwände von 60 m Höhe ohne jede Schwierigkeit.

Nur 800 km von Lunochod 1 entfernt betreten zum dritten Male Menschen unseren Erdtrabant und hinterließen ihre Spuren. Mit Apollo 14 ist der amerikanischen Raumfahrt der bisher erfolgreichste bemannte Mondflug gelungen. Die Astronauten Shepard und Mitchell betreten Neuland des Mondes um den Krater Fra Mauro. Hier war vor langer Zeit ein großer Meteorit niedergegangen, der relativ tief liegendes Mondgestein an die Mondoberfläche befördert hatte. Das Material dürfte 4,6 Milliarden Jahre alt sein, das bisher älteste Mondgestein, das untersucht werden konnte. Insgesamt ist das amerikanische Apollo-Unternehmen sicher eine hoch zu bewertende menschliche Tat, aber für die Wissenschaft ist Lunochod die eigentliche große Leistung, denn fünf Arbeitsperioden auf dem Mond durchhalten, das können Menschen eben nicht. Der Automat ist sowohl von der Ausdauer als auch von der Vielseitigkeit, Vielfalt und Summe der Meßergebnisse her dem Menschen, den man in der jetzigen Periode der Mondforschung durchaus entbehren kann, weit überlegen. Außerdem ist der Automat wesentlich billiger, und das wichtigste: seine Flüge und Exkursionen entbehren des Risikos für den Menschen. In beidem drückt sich die sowjetische Humanität bei der Planung und Durchführung von Weltraumunternehmungen deutlich aus.

Es ist interessant, die bisherige Bilanz von Lunochod zu ziehen. Das sowjetische Mondmobil hat demnach folgende Experimente ausgeführt:

1. Mechanische Untersuchungen des Mondbodens mit einer Art Bohrgerät.
2. Röntgenspektrometrische Untersuchungen zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der oberen Schichten des Mondbodens.
3. Aufnahmen und Untersuchungen der Spur des Mondfahrzeuges mit einem Telephotometer.

Seit dem 4. Arbeitstag des Mondfahrzeuges kamen noch folgende Manöver hinzu:

Um u. a. die Zusammensetzung des Mondgesteins unter der obersten lockeren Schicht herauszufinden, wendete Lunochod mehrere Male auf einer kleinen Fläche und trug dabei die oberste Bodenschicht ab. Nach vorläufigen Angaben trat ein recht kompaktes Gestein zutage. Lunochod war bei diesem Manöver etwa 10 cm tief eingesunken.

4. Untersuchungen mit dem Röntgenstrahlenteleskop.
5. Untersuchungen mit einem Teilchenzähler für solare und galaktische kosmische Strahlung.
6. Temperaturmessungen, insbesondere auch während einer Sonnenfinsternis auf dem Mond.
7. Experimente mit dem französischen Laser-Reflektor, die während der Mondnacht ausgeführt wurden; dabei konnte die Entfernung Erde-Mond bis auf wenige Zentimeter genau bestimmt werden.
8. Panorama-Aufnahmen der Mondoberfläche und des Sternenhimmels mit zwei Fernseh-kamerasystemen. Hierbei konnten durch genaue Ortsbestimmungen, insbesondere der Gestirne Sonne und Erde, über dem Mondhorizont von den Bordsystemen in Lunochod unabhängige neue Navigationsmethoden entwickelt und angewandt werden.

Zu dieser außerordentlich zahlreichen Instrumentierung kommt nun die lange Arbeitszeit von Lunochod 1 hinzu.

Demgegenüber wurden seitens der amerikanischen Apollo-Unternehmen – abgesehen von der natürlich beträchtlichen Ausbeute an Mondmaterial – dreimal je ein seismisches Instrument ausgesetzt (eines davon arbeitete nicht). Hinzu kommen bei den Amerikanern kosmische Strahlungsmeßgeräte und zwei Laser-Reflektoren. Die Sonnenwindsegel wurden nur während der Tätigkeit der Astronauten auf dem Mond aufgestellt und dann wieder zur Erde zurückgenommen.

Aus diesem Vergleich ergibt sich eindeutig, daß insbesondere gemessen an der langen Zeit, die Lunochod 1 auf dem Mond bisher tätig war und noch ist, aber auch an der größeren Zahl und Vielseitigkeit der Instrumente im ersten Mondmobil, die Ausbeute sowohl von der Zahl als auch vom Datenfluß der Experimente her größer ist als bei allen bisherigen ge- glückten Apollo-Exkursionen zum Mond, nämlich von Apollo 11, 12 und 14.

Ein besonders wichtiges Merkmal des Lunochodprogramms besteht darin, daß in den Arbeitspausen, die während der Mondnächte für das Mondmobil eintraten, durch sogenannte Expreßanalysen der bis dahin vorliegenden Forschungsergebnisse neue konkrete wissenschaftliche Zielstellungen für die nächste Arbeitsperiode vorgegeben werden konnten.

In den nächsten zwanzig bis dreißig Jahren wird der bemannte Raumflug zu den Nachbarplaneten der Erde, insbesondere zum Mars, verwirklicht werden können. Für diese immerhin schon sehr weit gesteckte Etappe spielen Automaten von der Art Lunochods eine ganz beträchtliche Rolle.

Der günstigste Planet für einen Einsatz von Geräten der Art des Automaten Lunochod 1 ist der Mars, zu dem es schon in diesem Jahr in der Zeit von Mai bis Juni (15. Mai bis 2. Juni) ein günstiges Startfenster gibt. Obwohl wir nicht behaupten wollen, daß schon diesmal ein automatisches Gerät von der Art Lunochods eingesetzt wird, ist die Verwendung solcher verbesserter und dem Planeten Mars angepaßter Geräte für eine der nächsten günstigen Marsoppositionen wahrscheinlich. Das um so mehr, als der Mars von der Struktur seiner Oberfläche her dem Monde sehr ähnlich ist. Am 15. Juni 1965 wurde auf der Erde das erste Photo empfangen, das der amerikanische automatische Raumflugkörper Mariner 4 beim Vorüberflug am Mars in einer Entfernung von 10 000 km aufgenommen hatte. Im Jahre 1969 gelangten von den beiden Sonden Mariner 6 und 7 sogar insgesamt 200 Aufnahmen von der Marsoberfläche zur Erde. Die meisten zeigten eine mit Kratern durchsetzte mond- ähnliche Landschaft. Auch die Messungen der physikalischen Parameter des Mars zeigten, daß dieser Planet sich sehr stark von der Erde unterscheidet. Infrarotmessungen der Mars- atmosphäre ergaben für diese einen hohen Anteil an Kohlendioxid, Methan und Ammoniak. Umstritten bleibt die Frage, ob die weißen Polkappen aus gefrorenem Kohlendioxid oder aus gefrorenem Wasser bestehen. Das Methan könnte auf dem Mars vulkanischen Ursprungs sein. Zu beiden Seiten des Marsäquators wurden Temperaturen zwischen plus 13 Grad Cel- sius und minus 53 Grad Celsius gemessen, im Gebiet des Südpols unseres Nachbarplaneten sogar minus 123 Grad Celsius.

Bei der Konstruktion eines Geräts von der Art Lunochods, das auf dem Mars Verwendung finden soll, wäre vor allem zu beachten, daß es auf dem Nachbarplaneten zwar nicht so

extreme Temperaturen wie auf dem Mond von plus 130 Grad Celsius bis minus 150 Grad Celsius gibt, dafür aber klimatische Bedingungen, die auf dem Mond völlig fehlen. Dazu gehören auch Erscheinungen wie die Erosion, die auf dem Mond ebenfalls fehlt. Ganz sicher gibt es auf Grund vorliegender astronomischer Beobachtungen Sandstürme auf dem Mars und unter Umständen auch Niederschlag in Form von Reif oder Schnee.

Ganz besonders gut erforscht wurde dank der sowjetischen automatischen Raumfahrt unser Nachbarplanet Venus. Gerade dieses Gestirn war für die erdgebundene Astronomie vor allem wegen der völlig undurchsichtigen Atmosphäre bis in die jüngste Vergangenheit hinein außerordentlich geheimnisumwittert, ja, mit der erdgebundenen astronomischen Forschung hätte man nie Licht in viele Probleme der Venusforschung bringen können.

„Eine schreckliche, unvorstellbare Hitze, eine von schwer atembaren Wasserdämpfen erfüllte Atmosphäre, ein ständiges Dämmerlicht bis zur völligen Finsternis, das ist etwa das Bild der natürlichen Bedingungen auf der Venus. Hunderte von Kilometern hätten wir nur ausgetrockneten heißen Boden unter den Füßen. Ringsum nichts als steinige Ebenen und nackte, buntgefärbte Felsen, eine Landschaft, gegen die die irdische Sahara in vieler Beziehung ein Paradies wäre.“

Ist das tatsächlich die natürliche Beschaffenheit der Venus, die uns die tschechischen Wissenschaftler Sadil und Pešek in ihrem Buch „Die Planeten des Sonnensystems“ schildern?

Wie umstritten die Frage nach der Existenz oder Nichtexistenz von Leben auf der Venus bis vor kurzem noch war, geht aus einem interessanten Meinungsstreit der Wissenschaftler hervor, der erst in jüngster Zeit durch die astronautischen Ergebnisse der Venusforschung beendet werden konnte. Die einen glaubten, in den oberen Schichten der Atmosphäre der Venus Sauerstoff annehmen zu dürfen. Im Zusammenhang mit der schon damals bekannten Tatsache, daß die Venusatmosphäre Kohlensäure enthält, schlossen sie auf die Existenz von vielleicht sogar höherem Leben. Andere maßen schon früher eine Temperatur von 300 Grad Celsius auf der Venus. Solche Messungen wurden im Bereich der langwelligen Strahlung des Spektrums der Venus vorgenommen. Diese Gruppe von Forschern glaubte die Existenz von Leben auf der Venus ausschließen zu müssen. Der sowjetische Astronom W. Komarow vertritt die Ansicht, daß, selbst wenn die Oberfläche des Planeten glühend ist, doch in den höheren Schichten der Atmosphäre für das Leben günstigere Temperaturbedingungen bestehen können. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es auf der Venus ein eigenartiges „atmosphärisches Plankton“ – fliegende und schwebende Organismen gibt.

Insgesamt 9 interplanetare Raumstationen haben bisher die Venus erreicht oder sind in ihre Nähe gelangt: die sowjetischen Venussonden 1–7 und die amerikanischen Mariner II und V. Venus 7 führte die erste weiche Landung unmittelbar auf der Oberfläche aus. Hier wurden $+475^{\circ}\text{C}$ und ein Druck von 90 atm gemessen. Radarmessungen der Venusoberfläche ergaben, daß diese verhältnismäßig glatt und detailarm zu sein scheint, wobei allerdings in einigen Gebieten des Planeten raue Formationen (Gebirge?) bis zu 8 km Höhe vorkommen.

Man kann bereits heute sagen, daß durch den Einsatz der Raumflugkörper ein neues Kapitel in der Venusforschung aufgeschlagen wurde. Die Raumsonden haben einige Vermutungen über die physikalische Beschaffenheit der Venus bestätigt, andere widerlegt. Dazu haben sie eine Fülle neuer Probleme aufgeworfen. Manche hätten ohne die Raumfahrtforschung nie gelöst werden können, so zum Beispiel das optische Phänomen, der sogenannte Schröter-Effekt, der von dem deutschen Astronomen Schröter 1793 entdeckt wurde. Er besteht in folgendem: Die Halbphase (Dichotomie) der Venus sollte nämlich aus geometrischen Überlegungen genau zur Zeit der größten Abweichungen (Elongationen) des Planeten von der Sonne eintreten. In Wirklichkeit ist aber die beobachtete Halbphase regelmäßig um mehrere Tage verschoben. Durch die Untersuchungen mit den Raumflugkörpern wurde bestätigt, daß diese Erscheinung durch Lichtbrechungs- und Streueffekte verursacht wird, die durch eine zusätzliche Wolkendecke, die auch für die hohen „Treibhaustemperaturen“ auf der Venus verantwortlich ist, hervorgerufen wird. Ebenso wissen wir heute, wie das sogenannte „aschgraue“ Licht der Nachtseite des Planeten entsteht.

Durch das exakte und langfristige sowjetische Venus-Forschungsprogramm wurde bisher

wertvolles wissenschaftliches Material über den erdnächsten Planeten zusammengetragen. Zugleich vervollkommnete die Sowjetunion kontinuierlich und rasch die Technik für langandauernde Fernflüge in den Weltraum.

Venus 7 hat also als erster automatischer Raumflugkörper die Oberfläche der Venus erreicht und dort einen Druck von 90 atm und eine Temperatur von $+475^{\circ}\text{C}$ gemessen! Können bei solchen für uns Erdbewohner nahezu unvorstellbaren extremen Verhältnissen überhaupt jemals Menschen die Oberfläche der Venus erreichen?

Obwohl diese Frage unter den gegenwärtigen Verhältnissen schwer zu beantworten ist, darf man sie keinesfalls verneinen. Gerade in den letzten Jahren hat sich zu der Astronautik die Aquanautik mit immer schwieriger werdenden Experimenten gesellt. Sie hat dabei sowohl technisch als auch technologisch sehr viel von den Erfahrungen und Ergebnissen der Raumfahrttechnik profitiert. Es ist geradezu so gekommen, daß gegenwärtig die Hauptauftragnehmer für aquanautische Projekte, also für die Konstruktion von Spezial-U-Booten für die Tiefseeforschung und für entsprechende Tauchkapseln, die extrem hohen Drücken standhalten müssen, jene Betriebe geworden sind, die sich als die erfolgreichsten bei der Herstellung von Raumkapseln und Raumschiffen erwiesen haben. Es ist durchaus denkbar, daß die in den kommenden Jahren zu erwartenden weiteren Erfahrungen aus der Zusammenarbeit zwischen Astronautik und Aquanautik zu sehr brauchbaren technischen Konstruktionen führen werden, die man vielleicht schon in 10–15 Jahren für bemannte Flüge zur Venus einsetzen kann. Diese Zeit mag manchem, dem das rasante Tempo der Raumfahrtentwicklung schon zur Gewohnheit geworden ist, lang erscheinen. Aber das Problem der bemannten Raumfahrt zu den Planeten hat noch eine andere Seite, die Kopfzerbrechen bereitet. Während die Raumfahrer wegen des nahezu ständig gleichmäßigen Abstandes des Mondes von der Erde nach der Mondlandung sehr bald wieder zur Erde zurückkehren können, ergeben sich bei den Planeten während des Monate oder gar Jahre dauernden Fluges von der Erde zu einem Zielplaneten wegen der unterschiedlichen Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne ganz erhebliche Verschiebungen in den Entfernungen Erde-Zielplanet. Wegen der in der Raketentechnik nicht leicht zu lösenden Energieprobleme können aber solche Reisen nur dann ausgeführt werden, wenn Erde und Zielplanet in relativ kleinen Abständen, also für die raumfahrttechnischen Probleme günstigen Konstellationen, zueinander stehen.

Auf diese Weise kommen je nach der Entfernung des angesteuerten Planeten von der Erde lange Wartezeiten (von einigen Monaten bis zu mehreren Jahren) zustande. Diese Tatsache kompliziert das Problem der bemannten Raumfahrt zu den Planeten sehr beträchtlich, denn es müssen ja die lebenserhaltenden Systeme, die wegen der andersartigen Bedingungen, die auf alle Planeten unseres Sonnensystems zutreffen, für diese lange Wartezeit ausgelegt sein und funktionstüchtig bleiben.

Gerade wegen dieses schwer zu lösenden Problems ist automatischen mobilen technischen Geräten von der Art Lunochods in der astronautischen Erforschung der Planeten für viele vor uns liegende Jahre der Vorzug zu geben, und dies wiederum nicht zuletzt aus humanistischen Überlegungen und Gesichtspunkten, die – wie schon erwähnt – sowohl eine das menschliche Risiko betreffende, als auch eine ökonomische Seite haben.

Ganz besonders gelten diese Gesichtspunkte für Reisen zu den fernerer Planeten jenseits der Marsbahn. Aber auch zum sonnennahen Merkur, der nach gründlicher Auswertung der Ergebnisse der astronautischen Venusforschung eines der nächsten Ziele der Raumfahrt sein wird, wird man vorerst kaum Menschen, sondern Automaten entsenden. Überhaupt wird angesichts des nun einmal nicht geringen technischen und finanziellen Aufwandes der Raumfahrt die Frage, ob es überhaupt lohnt, Menschen zu extrem unwirtlichen Himmelskörpern zu schicken, eine immer größere Bedeutung erlangen.

Die nächste Zukunft der mobilen Automaten liegt weiterhin auf dem Mond. Man wird verbesserte Lunochods auf seiner Oberfläche absetzen, die vor allem ein höheres Fahrttempo entwickeln. Man wird größere Strecken in relativ kurzer Zeit bewältigen können. Vor allem aber erscheint es wichtig, daß noch zahlreiche andere möglichen und bereits vorgesehenen Mondlandegebiete mit Geräten vom Typ Luna 16 und 17 erreicht werden, weil die ver-

schiedenen Gebiete des Mondes, die Maria, hügeligen Gebiete, die Vorgebirge und Hochgebirge, ein unterschiedliches Alter haben. Das hängt mit der Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte unseres Mondes zusammen. Die Untersuchungen der zur Erde überbrachten Mondmaterie, durch Luna 16 auf automatischem Wege und durch Apollo 11, 12 und 14 mit Hilfe amerikanischer Astronauten, haben schon jetzt ergeben, daß Erde und Mond trotz der Unterschiede in der Struktur und Zusammensetzung der Oberflächenmaterie vieles in ihrer Entstehungsgeschichte gemeinsam haben, und daß man aus einem gründlichen Studium der Entwicklungsgeschichte des Mondes wertvolle Schlüsse auf frühe Entwicklungsepochen der Erde ziehen kann. Insofern werden sich die Geologie und die Selenologie in den nächsten Jahren immer besser ergänzen und gegenseitig befruchten. Auch die der Erde immer abgewandte Rückseite des Mondes wird der Erforschung durch mobile Automaten bzw. der weichen Landung von solchen Apparaten nicht mehr lange verschlossen sein. Heute ist sie es noch, weil sie wegen ihrer Abkehr von der Erde keinem Funkverkehr zugänglich ist. Jedoch kann man diesen durch Errichtung eines oder mehrerer Mond-Nachrichtensatelliten, die den Erdtrabant wie Mondsatelliten umkreisen, schon in naher Zukunft erreichen. Hier auf der Rückseite wird sich das Fahren etwas schwieriger gestalten. Es gibt mehr Gebirge und „Festland“ mit vielen Unebenheiten und dafür nur kleine „Meere“, die Thalassoide genannt werden.

20 Jahre Jodrell Bank

HORST HOFFMANN

Anläßlich der XIV. Generalversammlung der Internationalen Astronomischen Union (IAU) vom 18. bis 27. August 1970 besuchte ich auf Einladung des Britischen Nationalkomitees für Astronomie in der ROYAL SOCIETY die Nuffield Radioastronomischen Laboratorien der Universität Manchester in Jodrell Bank und hatte Gelegenheit, mit ihrem Direktor, Professor der Radioastronomie Sir Bernard Lovell, zu sprechen. In diesem Beitrag soll der Aufbau des weltbekannten Observatoriums sowie sein Platz im System der astronomischen Forschung Großbritanniens behandelt werden.

In Großbritannien gibt es vier bedeutende Organisationen, die aktiv auf dem Gebiet der Astronomie tätig sind:

The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge – RS – (d. h. Die Königliche Londoner Gesellschaft für die Verbreitung des Wissens über die Natur), die im Jahre 1660 gegründet wurde und heute die älteste wissenschaftliche Akademie der Welt ist. Bereits 1675 gab sie den Anstoß für die Errichtung der ersten englischen Nationalsternwarte, des Royal Greenwich Observatory, und 1710 ernannte die Queen Anne John Flamsteed zum ersten Royal Astronomer (d. h. Königlichen Astronomen).

Der berühmteste Präsident der RS war Sir Isaac Newton, der diesem einstigen Olymp der Wissenschaften von 1703 bis 1727 vorstand. Gegenwärtig ist der Physiker und Nobelpreisträger Lord Patrick Maynard Stuart Blackett Präsident dieser Akademie, die zur Zeit 740 britische und 70 ausländische Mitglieder zählt.

The British National Committee for Astronomy, das seit 1919 innerhalb der RS besteht und etwa die Aufgaben einer Klasse der Akademie der Wissenschaften hat. Vorsitzender dieses 24 Mitglieder zählenden Komitees ist Sir Bernard Lovell.

The Royal Astronomical Society – RAS –, die 1820 als eine der ersten Organisationen dieser Art gegründet wurde. Sie sieht ihre Hauptaufgabe in der Publizierung der Ergebnisse astronomischer Forschungen. Erster Präsident der RAS war Sir Friedrich Wilhelm Herschel, der Begründer der modernen extragalaktischen Astronomie und Entdecker des Planeten Uranus. Heute steht Sir Bernard Lovell an der Spitze dieser 2400 Mitglieder zählenden Gesellschaft.

The British Astronomical Association – BAA –, die 1890 ins Leben gerufen wurde und jedem Interessierten offen steht. Zu den 4000 Mitgliedern gehören astronomische Beobachter aller Altersgruppen, die mit mittleren und kleineren Teleskopen arbeiten, Präsident ist Gordon E. Taylor.

The Science Research Council – SRC – (d. h. Der Wissenschafts- und Forschungsrat), dessen Vorsitzender Sir Brian Flowers ist. Eines der vier Kollegien des SRC zeichnet für Astronomie, Weltraum und Funk verantwortlich: The Astronomy, Space and Radio Board. Zu seinen Mitgliedern gehören Vertreter der Universitäten und der Industrie sowie die Direktoren der SRC-Institutionen: Royal Greenwich Observatory, Royal Observatory Edinburgh und Radio and Space Research Station.

Hauptaufgabe dieses Kollegiums ist die Planung und Finanzierung der astronomischen Forschung. Zu den Hauptprojekten des SRC für die Zeit von 1971 bis 1975 gehören:

- Die Errichtung eines voll lenkbaren 130-Meter-Radioteleskops für die Forschungsgruppe Sir Bernard Lovell's. Dieses im Wellenbereich von 4 bis 3 Zentimeter operierende Instrument soll seinen Standort in Wales nahe Meiford, südwestlich von Manchester haben.
- Die Errichtung eines 5-Kilometer-Öffnungs-Synthese-Teleskops für die Forschungsgruppe Sir Martin Ryle in Cambridge.
- Die Errichtung eines 30-Meter-Radioteleskops für Operationen im Bereich von 3 Zentimeter bis 1 Millimeter außerhalb Großbritanniens.

Die **Nuffield Radio Astronomy Laboratories** of the University of Manchester können in diesem Jahr auf eine 20-jährige Geschichte zurückblicken. Diese Stiftung wurde an der Westküste der britischen Insel in der Grafschaft Cheshire errichtet, die vorwiegend aus einer Ebene besteht. Das Radio-astronomische Observatorium von Jodrell Bank, das zu den ersten, größten und bedeutendsten seiner Art gehört, liegt etwa 40 Kilometer südlich von Manchester auf dem freien Lande, genügend weit entfernt von den elektromagnetischen Störungen der Großstadt.

Die Entstehung und Entwicklung von Jodrell Bank ist unlöslich mit dem Leben und dem Werk von Professor Lovell verbunden, der seit Gründung der Nuffield Radioastronomischen Laboratorien der Universität Manchester im Jahre 1951 Direktor dieses bedeutenden Forschungsinstitutes ist und heute mit 30 hochqualifizierten Wissenschaftlern immer tiefer in die Geheimnisse des Universums eindringt.

Die verschiedensten Methoden der astronomischen Forschung fanden in Jodrell Bank eine glückliche Vereinigung. Der Mitarbeiter Professor Lovell's, Commander R. N. Stanbury, ein ehemaliger Fregattenkapitän der Royal Navy, erläuterte die Details der wichtigsten Instrumente des Observatoriums.

Mark I

Nach vierjähriger Bauzeit wurde im August 1957 das unter Schirmherrschaft der Universität Manchester stehende Radioteleskop Mark I in Betrieb genommen. Mark hat im Englischen eine vielfältige Bedeutung, heißt hier aber soviel wie Typ bzw. Generation. Für die britische Wissenschaft hat Jodrell Bank auf astronomischem Gebiet die gleiche Bedeutung wie Calder Hall auf dem Sektor der Kernphysik. Mark I war bis Oktober 1970, als das 100-Meter-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie bei Effelsberg in der Eifel, etwa 40 Kilometer südlich von Bonn, in Betrieb genommen wurde, das modernste, größte und weitreichendste astronomische Instrument seiner Art in der Welt.

Das Radioteleskop Mark I ist vertikal und horizontal voll lenkbar und verfügt über einen reflektierenden Parabolspiegel mit einem Öffnungsdurchmesser von 76 Metern. Über dem Zentrum des „Spiegels“ ist eine Antenne angebracht, über die regelmäßig Radiosignale in Wellenbereichen von 20 Meter bis zu 21 Zentimeter empfangen und weitergeleitet werden können. Nach einer Modifikation arbeitet das Gerät unter der Bezeichnung Mark I A besonders effektiv zwischen 21 und 18 Zentimetern.

Das 76-Meter-Radioteleskop Mark I wurde von Sir Bernard Lovell konzipiert und entwickelt. Seine Inbetriebnahme war die Erfüllung seiner zehnjährigen Bemühungen, die technischen Voraussetzungen zu schaffen, um ein wissenschaftliches Programm in Angriff zu nehmen, das die Entwicklung der modernen Astronomie wesentlich beeinflusste. Der Bau des Instruments wurde im wesentlichen durch die finanzielle Unterstützung des Department of Scientific and Industrial Research (d. h. Amt für wissenschaftliche und industrielle Forschung) und der Nuffield Foundation (d. h. Nuffield-Stiftung) sowie durch Zuwendungen der Royal Astronomical Society ermöglicht. Hauptauftragnehmer war die Firma Husband and Co of Sheffield and London.

Die Konstruktion von Mark I

Mit der Fertigstellung von Mark I wurde eine ingenieurtechnische Großtat vollbracht. Das

geht aus den Anforderungen hervor, welche die Astronomen an die Techniker bezüglich der gesamten Struktur des großen Gerätes stellten:

Es muß bei Stürmen fest und ruhig bleiben; es muß Anhäufungen von Schnee und Eis widerstehen; es muß Regen sicher ableiten, ohne die Teleskopschüssel in irgendeiner Position zu behindern; es muß im heißesten Sommer und im kältesten Winter präzise arbeiten; es darf, auf die Sonne gerichtet, weder zuviel Wärme absorbieren, so daß sich die Stahlkonstruktion bedeutend verzieht, noch so viel Wärme reflektieren, daß die Antenne im Focus schmilzt; es muß sich leicht und exakt bewegen lassen; es muß konstant auf einen gegebenen Punkt im Weltraum gerichtet bleiben können; es muß kontinuierlich ein bestimmtes Gebiet am Himmel überprüfen können; es muß der Bahn des Mondes, eines Planeten oder künstlichen Raumflugkörpers folgen können; es muß seine Bewegungen vollautomatisch ausführen.

Die Fundamente

Wegen des unregelmäßigen Untergrundes mußte der Boden, auf dem das Teleskop stehen sollte, bis zu Tiefen von 10 bis 30 Metern ausgeschachtet werden. Etwa 10 000 t Eisenbeton wurden für die Fundamente verwendet. Diese enthalten einen zentralen Druckblock mit dem Kugel- und Rollenlagerdrehpunkt, dem Hauptbefestigungspunkt des Gerätes, und einen Ring, der die kreisförmige Doppelschienspur trägt, auf der das Teleskop rotiert.

Die Trägerstruktur

Das Instrument ist vollständig aus Stahl gebaut, der leichteren Legierungen aus vier Hauptgründen vorgezogen wurde: er hat erstens die größte Stärke pro Kosteneinheit; zweitens sichert sein niedriger Ausdehnungskoeffizient genügend Genauigkeit der Form während extremer Temperaturen – die Formunregelmäßigkeiten liegen unter 5 Zentimetern; drittens ist die hohe Anpassung seiner Elastizität im Hinblick auf die großen Variationen des Drucks, die durch die Bewegung des Teleskops verursacht werden, bedeutend; viertens gibt sein Gewicht, der lenkbare Teil des Teleskops wiegt ca. 2000 t, der gesamten Struktur Stabilität. Die Konstruktion, die den Reflektor trägt, besteht im wesentlichen aus einem horizontalen Gitterträger mit zwei triangulären Gittertürmen von je 56 Meter Höhe. Die „Schüssel“ wird von Zapfen an den Turmspitzen getragen, und die gesamte Einrichtung rotiert über dem zentralen Drehpunkt. Jeder Turm ist auf sechs Rollendrehgestellen montiert, vier an den Ecken der Turmbasis und zwei in ihrem Zentrum. Die Drehgestelle an den Ecken tragen einen Teil des Gewichts und fungieren als Windstützbalken. Die zentralen Drehgestelle werden von elektrischen Motoren angetrieben und drehen das Teleskop. Sie laufen auf einer Doppelschiene von 5,18 Meter Spurweite und 107,36 Meter äußerem Durchmesser. Um maximale Leichtigkeit der Bewegung und minimale Reibung zu sichern, durfte die Schienenspur eine Toleranz von 16 Millimetern nicht überschreiten.

Die Reflektorschüssel

Die Reflektorschüssel ist ein Paraboloid von 76 Metern Durchmesser, hergestellt aus geschweißten Stahlplatten mit einer Oberfläche von 8000 Quadratmetern – der Sektorenkreis mißt allein 4600 Quadratmeter – und wird von einem Stahlgitterbett getragen. Aus der Schüssel ragt ein Gitterstahlurm von 16,78 m Höhe empor, auf dessen Spitze in einer Höhe von 19,06 Metern, dem Brennpunkt des Parabolspiegels, die Antenne montiert ist. Die Schüssel- und Trägereinrichtung, die über 800 t wiegt, wird von großen Rollenlagern auf den Spitzen der beiden Gittertürme getragen. Elektromotore und Reduktionsgetriebe schwenken das Instrument in der Höhe. Antriebsräder und Zahnstangen für die vertikale Bewegung stammen vom Geschützturm des abgetakelten Kriegsschiffes „Royal Sovereign“. Die gesamte Schüssel- und Trägereinrichtung ist gegen Schwanken, Zittern und Vibration durch einen großen runden Stabilisierungsträger, der „Fahrradscheibe“, gesichert, dessen Zentrum in der Rotationsachse liegt. Die Peripherie dieses Trägers wirkt auf einen Satz pneumatischer Reifen, die auf Rädern mit einem kontrollierbaren hydraulischen Bremsmechanismus montiert sind.

Die Trägerstruktur mit dem Reflektor kann im Azimut eine volle Rotation in 18 Minuten durchführen. Bei diesem Tempo bewegen sich die äußeren Rollendrehgestelle mit einer Geschwindigkeit von 1,2 Kilometern pro Sekunde. In der Höhe benötigt die Schüssel 15 Minuten für eine volle Drehung. Bei dieser Geschwindigkeit bewegt sich die Peripherie der Zweiradscheibe mit etwa 1 km pro Sekunde. Das sind jedoch Maximalgeschwindigkeiten, die nur gelegentlich benötigt werden. Die Elektrizität wird aus dem nationalen bzw. dem örtlichen Generatormetz entnommen, die eine Energie von 400/440 Volt, 3 Phasen, 50 Perioden liefern.

Elektronische Steuerung

Das Hauptlaboratorium von Mark I schwebt unter dem Zentrum der Schüssel mit dem Fundament des Antennenturmes. Um ein Schwanken im Wind zu vermeiden, ist es sehr flach befestigt.

Das Hauptkontrollgebäude liegt etwa 200 Meter vom Teleskop entfernt. Von dem zentralen Steuerpult aus kann ein Techniker alle Bewegungen des Instrumentes durch eine große Sichtscheibe verfolgen. Nachts liegt Mark I unter Flutlicht.

Alle Bewegungen des Teleskops werden elektronisch kontrolliert. Die Positionsanforderungen bestimmt ein Computer im Kontrollgebäude. Er gibt die Signale auf einem elektronischen Schirm wieder. Dieser Schirm, der die Signale für jedes erforderliche Verhalten von 30 Millionen zu 1 mittels eines Servomechanismus verstärkt, bestimmt die Geschwindigkeiten der verschiedenen Elektromotoren, welche die Azimut- und Höhenbewegungen durch zwei Ward Leonard-Motorgeneratorsätze kontrollieren.

Mark II

Im Jahre 1964 wurde in Jodrell Bank das zweite voll lenkbare Radioteleskop Mark II in Betrieb genommen, das zwar von geringerer Größe ist, aber genauer in der Form und fähig, auf kürzere Wellenlängen von 20 Zentimeter bis 6 Zentimeter herabzugehen.

Im Unterschied zur kreisförmigen Schüssel von Mark I hat sein Reflektor elliptische Form von 25,5 mal 38 Metern. Der bewegliche Teil mit einer Masse von 850 t ruht auf einer Drehscheibe, die auf ein Stahlkugellager montiert ist, während die Höheneinstellung durch eine Schraube von 12 Meter Länge vorgenommen wird. Mit einem Elektronenrechner Ferrandi Argus 100 können zahlreiche und vielfältige Beobachtungen über mehrere Stunden hinweg vollständig automatisch auf Lochband aufgezeichnet werden, ohne den Astronomen zu belasten, der während dessen weitere Forschungsprogramme vorbereiten kann.

Mark III

1966 nahm das Radioteleskop Mark III seine Arbeit auf. Es hat seinen Standort 24 Kilometer südlich von Jodrell Bank. Die ebenfalls elliptische Reflexionsfläche von 25,5 mal 38 Meter besteht aus einem Gitter galvanisierter Drähte. Die Überwachung aller Einrichtungen erfolgt ausschließlich über Funk- und Fernsehverbindung von Jodrell Bank aus. Mark III wird hauptsächlich interferometrisch mit Mark I zusammenarbeiten, mit dessen Antenne es über Funk und Fernsehen verbunden ist.

Mark V

Im Empfangsgebäude von Jodrell Bank befindet sich das Modell von Mark V. Bei diesem Instrument handelt es sich um ein Radioteleskop, das mit einem Durchmesser von 130 Metern das größte voll lenkbare Gerät dieser Art in der Welt sein würde. Es ist für Arbeiten im Wellenbereich von 4 bis 2 Zentimetern vorgesehen und soll seinen Standort nahe Meiford in Wales, etwa 130 km südlich von Manchester haben. Der Parabolspiegel wird ebenfalls von Jodrell Bank aus ferngesteuert. Die Vorarbeiten beanspruchen 10 Jahre, die Bauzeit ist mit 5 Jahren angesetzt. Ob allerdings Mark V 1975 in Betrieb genommen werden kann, hängt nicht zuletzt von der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung Großbritanniens ab.

Die Sowjetunion hat nach 6 $\frac{1}{2}$ jähriger Pause, in der sie sich auf die Venusforschung konzentrierte, und diese unbemannten Experimente bis zur weichen Landung auf der Oberfläche der Venus perfektionierte, Mars 2 und 3 gestartet. Diese Marssonden haben die erstaunlich hohe Masse von je 4650 kg. Die am 1. 11. 1962 gestartete interplanetare Sonde Mars 1 wies eine Masse von 893,5 kg auf, Sonde 2, am 30. 11. 1964 gestartet, eine solche von etwa 850 kg. Die im Jahre 1964 gestarteten amerikanischen Marssonden Mariner 3 und 4 hatten nur je 261 kg Masse, die 1969 gestarteten Mariner 6 und 7 je 413 kg. Mariner 8, deren Start zum Mars in diesem Jahre fehlschlug und Mariner 9, deren Start erfolgte, sollen eine Startmasse von je 1000 kg aufweisen, beim Einlauf in die Marsumlaufbahn soll ihre Masse nach entsprechendem Treibstoffverbrauch noch 500 kg betragen.

Die hohe Masse von „Mars 2 und 3“ spricht dafür, daß die Sowjetunion auch für diese Starts ihr neues, nach dem Wostokträger und der Kosmosträgerrakete entwickeltes Trägerraketensystem eingesetzt hat, mit dem zuerst der bis heute immer noch schwerste Forschungssatellit vom Typ Proton (12—17 t) gestartet wurde. Die Sowjetunion hat offenbar dieses neue Trägerraketensystem auch für die Flüge von Luna 16 und 17 und für den Start von Salut eingesetzt, während die bemannten Sojus-Raumschiffe mit dem erheblich ausgebauten Wostok-Trägerraketensystem auf den Erdborbit gebracht werden.

Die hohe Masse von „Mars 2 und 3“ läßt ferner auf eine sehr vielseitige Instrumentierung der Planetensonden schließen, die eine gründliche Erforschung des Nachbarplaneten ermöglicht. Mars hat trotz seiner durchsichtigen Atmosphäre, die auch der erdgebundenen Astronomie eine relativ gute Beobachtung der Oberfläche gestattet, den Forschern immer wieder neue Rätsel aufgegeben.

Aufsehen erregte die Entdeckung Schiaparellis 1877, der auf der Marsoberfläche mehrere schnurgerade, wie mit einem spitzen Bleistift gezogene Linien sah. Ohne Zutun der Wissenschaft hatte die Presse diese Beobachtung als Sensation aufgegriffen und ihr eine Deutung gegeben, die weit über wissenschaftlich zulässige Prognosen hinausging. Die „Marskanäle“ wurden als technische Bauwerke vernunftbegabter Wesen erklärt. Der bis heute noch in utopischen Schriften umher spukende „Marsianer“ war damit geboren. Heute wissen wir längst, daß es auf dem Mars kein höheres Leben geben kann. Diese schon von der erdgebundenen astronomischen Forschung erbrachte Erkenntnis wurde durch die Raumsonden, die in die Nähe des Mars gelangten und dort fotografische Aufnahmen und viele Meßergebnisse erzielten, bestätigt.

Es fehlte schon in früheren Jahren nicht an Forschern, die der Annahme, es gäbe auf dem Mars überhaupt irgend welches Leben, mit großer Skepsis begegneten. Zu ihnen gehört der bekannte sowjetische Astronom W. G. Fessenkow. Bezüglich der Lebensmöglichkeiten auf dem Mars stellte er fest:

1. Auf dem Mars gibt es ganz offensichtlich keine Biosphäre.
2. Auf dem heutigen Mars kann augenscheinlich kein Lebewesen entstehen, und es läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, ob auf diesem Planeten in der Vergangenheit hierfür günstigere Bedingungen vorgeherrscht haben.
3. Die zu beobachtenden Eigenschaften der Marsmeere (die wie die Mondmeere nicht vom Wasser gebildet werden), ihre Temperaturen, Reflexionseigenschaften und ihr Polarisationscharakter sind nicht durch irgendeine Vegetation bedingt.
4. Die spektralfotometrischen Kriterien führen, was das Vorhandensein einer Vegetation auf dem Mars anbelangt, zu keinen eindeutigen Schlüssen.
5. Es gibt keinerlei objektive Angaben, die zugunsten der Existenz von organisiertem Leben auf dem Mars sprechen.

Es gibt aber auch heute noch viele Wissenschaftler, die eine niedere Vegetation auf dem Mars annehmen. Durch die bisherigen Flüge der Raumsonden zum Mars konnten diese Fragen nicht geklärt werden. Ob es diesmal gelingt, läßt sich schwerlich voraussagen. Sicher-

lich wird aber der Flug von „Mars 2 und 3“ dazu beitragen, die Rätsel dieses Nachbarplaneten der Erde weiter zu entschleiern.

Das wichtigste und vielleicht erstaunlichste Ergebnis der bisherigen Marsforschung mit astronautischen Mitteln ist, daß unser Nachbarplanet dem Erdmond weit ähnlicher ist als unserer Erde. Die Marsoberfläche weist zahlreiche Krater und Ringgebirge auf, wie der Mond auch. Das konnte fotografisch dokumentiert werden. Die Gipfel der ringförmigen Gebirge scheinen mit Reif bedeckt zu sein. Auf dem Mars gibt es also „Wetter“. Auch Sandstürme treten von Zeit zu Zeit in bestimmten Gebieten der Marsoberfläche auf. Die gewisse Ähnlichkeit zwischen dem Erdmond und dem Mars läßt hoffen, daß man eines Tages die mit Lunochod 1 auf dem Mond gesammelten Erfahrungen bei der Marsforschung anwenden kann. Natürlich müßten ähnliche Geräte wie Lunochod für die besonderen Bedingungen des Mars konstruiert werden. Eine Grundlage dafür könnten die Flüge von „Mars 2 und 3“ schaffen. Auch die Landetechnik müßte verändert werden, denn während der Erdmond keine Atmosphäre aufweist, besitzt der Mars eine dünne Gashülle.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung

Lebedinsky

8 N

165 W

Alexander I. (1913–1967) Sowjetischer Astrophysiker; Professor der Universität Moskau; Kosmogonie von Sternen und Planeten; Hydrodynamik der Sonnenatmosphäre; Aurora borealis.

Leeuwenhoek

30 S

179 W

Antony van (1632–1723) Holländischer Mikroskopist, Linsen größter Präzision, baute Mikroskope; beschrieb und illustrierte seine ausgedehnten Beobachtungen über Details von Pflanzen und Tieren.

Leibniz

38 S

178 E

Gottfried W. (1646–1716) Deutscher Mathematiker, Physiker, Philosoph; erfand die Infinitesimalrechnung unabhängig von Newton, führte einen großen Teil der modernen mathematischen Schreibweise ein; Mechanik und Dynamik; Kosmologie (nahm an, daß die Erde unmeßbar alt sei).

Lemaitre

62 S

150 W

Georges (1894–1966) Belgischer Mathematiker; Professor Louvain; Kosmologie; Theorie des Ursprungs des Universums und Interpretation der Rotverschiebung; kosmische Strahlen; Himmelsmechanik.

Lenz

3 N

102 W

H. F. Emil (1804–1865) Physiker (geb. in Estland) Professor der Universität St. Petersburg; elektromechanische Phänomene; Leitfähigkeit und Temperatur; elektromagnetische Induktion (Lenz'sche Regel).

Leucippos

29 N

116 W

(etwa 440 v. u. Z.) Griechischer Philosoph, Miletos; gilt (mit Demokrit) als Begründer der atomistischen Theorie; wird von manchen für den ersten gehalten, der das Kausalitätsgesetz aufstellte (jedes Ereignis hat eine natürliche Ursache).

Leuschner

1 N

109 W

Armin O. (1868–1953) USA-Astronom; Professor der Universität California; theoretische Himmelsmechanik, besonders Umlaufbahnen der Kometen, Planeten und Asteroiden.

Levi-Civita	24 S	143 E
Tullio (1873–1941) Italienischer Mathematiker, Physiker; Professor der Universität Rom; Mechanik; entwickelte Einsteins Einheitsfeldgleichungen, Tensor-Theorie.		
Lewis	19 S	114 W
Gilbert N. (1875–1946) USA-Chemiker; Professor der Universität California; Thermodynamik und freie Energie von chemischen Substanzen; Wertigkeit und Struktur von Atomen und Molekülen.		
Ley	43 N	154 E
Willy (1906–1969) Deutsch-Amerikanischer Raketeningenieur, Raumfahrt-Experte; Mitbegründer und aktives Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Raumfahrt 1927, experimentierte mit frühen Flüssigtreibstoffpulsationsraketen 1930/31; freier Schriftsteller über Raumfahrtwissenschaft usw; Verbindung mit der NASA.		
Lindblad	70 N	99 W
Bertil (1895–1965) Schwedischer Astronom; Direktor des Stockholmer Observatoriums; zweidimensionale Spektralklassifikation von schwachen Sternen; Rotation der Galaxis und epizyklische Sternbewegungen; Dynamik von Spiralsystemen.		
Lodygin	18 S	147 W
Alexander N. (1847–1923) Sowjetischer Wissenschaftler und Erfinder; Forschungen über Elektrizität; Erfinder der Kohlefadenlampe.		
Lorentz	34 N	100 W
Hendrik A. (1853–1928) Deutscher Physiker; Professor der Universität Leiden; Direktor des Teyler-Laboratoriums Haarlem; Nobelpreis in Physik 1902; Autorität in der Quantenphysik; entdeckte (unabhängig) die Lorentz-Fitzgerald-Kontraktion; erklärte den Zeeman-Effekt; Elektronentheorie der Elektrizität; Vorläufer der Relativitätstheorie.		
Love	6 S	129 E
Augustus E. H. (1863–1940) Britischer Mathematiker und Geophysiker; Professor der Universität Oxford; Geodynamik, mathematische Theorie der Elastizität, Anwendung auf die Erdkruste; Hydrodynamik und Elektromagnetismus.		
Lovelace	82 N	107 W
William R. (1907–1965) USA-Physiker und Raumfahrtwissenschaftler, Direktor der Raumfahrtmedizin der NASA; Pionier der Luftfahrtmedizin, Entwicklung der Sauerstoffausrüstung für Luftfahrt; Rettungssystem für Piloten in großer Höhe; Forschung über Raumfahrtmedizin und Physiologie für bemannte Flüge.		
Lowell	13 S	103 W
Percival (1855–1916) USA-Astronom; gründete das Lowell-Observatorium; Forschungen über Planeten, besonders den Mars; seine Berechnungen sagten die Entdeckung des Planeten X voraus (Pluto).		
Lucretius	9 S	121 W
Titus C. (etwa 95 v. u. Z. bis etwa 55 v. u. Z.) Römischer Philosoph; Autor von „De rerum natura“; Anhänger der atomistischen Theorie, mechanische Sicht des Universums.		
Lundmark	39 S	152 E
Knut E. (1889–1958) Schwedischer Astronom; Professor der Universität Lund, Direktor des Lund-Observatoriums; Entfernungen der Galaxien, Supernovae; Geschichte der Astronomie.		
Lütke	17 S	123 E
Fedor P. (1797–1882) Russischer Geograph; Präsident der St. Petersburger Akademie der Wissenschaften; Navigation; Arktisforscher, sammelte Daten über Ozeanographie, Ethnographie, Zoologie und Botanik.		

Lyman

65 S

162 E

Theodore (1874–1954) USA-Physiker; Professor der Harvard-Universität; Forschungen über die Wellenlängen von Licht und ultravioletter Strahlung, Lyman-Serien des Wasserstoffs.

Mach

18 N

149 W

Ernst (1838–1916) Österreichischer Physiker und Philosoph; Professor Prag, Wien; Forschung an Ultraschall-Projektilen und Strömung von Gasen (Mach-Zahl beim Ultraschallflug); erkenntnistheoretische Studien und Wissenschaftsphilosophie.

Maksutov

41 S

169 W

Dmitri D. (1896–1946) Sowjetischer Optiker; Organisator, Direktor der Astronomischen Optischen Laboratorien des Leningrader Staatlichen Instituts für Optik; Forschungen über astronomische Optik; entdeckte kadioptrische Systeme (Minisken) für Teleskope und optische Anlagen.

Malyi

22 N

105 E

Alexander L. (1907–1961) Sowjetischer Raketeningenieur, Laboratorium für Gasdynamik; trug zur Entwicklung und Überprüfung des ersten elektrothermischen Raketentriebwerks bei.

Fortsetzung folgt.

Amateure beobachten und berichten

Die Mondfinsternis am 6. August 1971

Die totale Mondfinsternis am 6. August 1971 ist die größte derartige Erscheinung bis zum Jahr 2000. Die Finsternis läßt sich im mitteleuropäischen Raum gut ab Beginn der Totalität, welche 100 Minuten beträgt, verfolgen. Deshalb beschäftige ich mich mit der Vorausberechnung von Schattenausritten ausgewählter Objekte. Hierbei wurde ein hauptsächlich grafisches Verfahren angewandt, mit dessen Hilfe die Zeiten auf zwei Minuten genau bestimmt werden konnten.

Schattenausritte von 18 Objekten

	MEZ		MEZ
Grimaldi (Westrand)	21h 34m 7	Archimedes (Ostwall)	21h 56m 3
Aristarch	21h 41m 5	Azachel (Zentralberg)	22h 00m 5
Gassendi (Zentralberg)	21h 41m 6	Aristillus (Ostwall)	22h 00m 8
Kepler	21h 44m 0	Aristoteles (Ostwall)	22h 01m 3
Bullialdus (Ostwall)	21h 49m 9	Manilus	22h 07m 2
Kopernikus (Zentralberg)	21h 51m 7	Posidonius (Krater in der Mitte)	22h 10m 7
Tycho (Zentralberg)	21h 55m 2	Theophilus (Zentralberg)	22h 12m 1
Eratosthenes (Zentralberg)	21h 55m 2	Proclus	22h 16m 0
Plato (Ostwall)	21h 55m 4	Mare Crisium (Westrand)	22h 26m 4

Messungen von Schattenein- und -austritten, die auch im Amateurbereich liegen, sind von großer Bedeutung für Bestimmungen der Form und Größe des Erdschattens.

DIETMAR BÖHME

(Der Beitrag lag der Redaktion leider nicht rechtzeitig vor.)

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Amateure unterstützen die Schulastronomie

Zur 2. Regionaltagung der Amateurastronomen in Karl-Marx-Stadt

Wie bereits in Heft 3/71 angekündigt, trafen sich am 6. 6. 71 Amateurastronomen der Bezirke Karl-Marx-Stadt, Dresden und Leipzig mit dem Zentralen Fachausschuß Astronomie und Vertretern der staatlichen Organe dieser Bezirke, um zu beraten, wie auf ihren Territorien die angebotene Hilfe der Amateurastronomen bei der Durchführung obligatorischer Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht effektiv wirksam werden kann.

Das wesentlichste Ergebnis dieser Karl-Marx-Städter Tagung sei vorangestellt: *Die Vertreter der Abteilungen Volksbildung dieser drei Bezirke stimmten der angebotenen Hilfe vollinhaltlich zu und versprachen, alles in ihren Kräften Stehende zu tun, um optimale Bedingungen zu schaffen, damit an allen Orten, wo Hilfeleistung durch Amateurastronomen möglich ist, diese auch genutzt werden wird.*

In dem von Bundesfreund Prof. Edgar Penzel (Vorsitzender des Bezirksfachausschusses Karl-Marx-Stadt) vorgetragenen Referat wurden den Anwesenden die Gründe und Ziele deutlich gemacht, die das Angebot der Amateurastronomie an die Schulastronomie ausgelöst haben. Auf erzieherischem Gebiet grenzte der Referent ebenso deutlich gegenüber konvergenztheoretischen und pseudowissenschaftlichen Auffassungen ab, wie er auf dem Gebiet der Bildung und Fähigkeitsentwicklung die Möglichkeiten und Grenzen der beabsichtigten Hilfeleistung klar absteckte. Ganz unmißverständlich zeigte Prof. Penzel, daß die Beobachtungsabende „Unterrichtsstunden sind, die in die Abendstunden verlegt“ werden. Deshalb liegt die Organisation, Planung und Durchführung der Beobachtungsabende hauptverantwortlich beim Lehrer, zu dessen Aufgaben diese Beobachtungen im Rahmen des Lehrplanes untrennbar gehören.

Davon ausgehend konnten Anregungen gegeben werden, wie in dieser neuen Phase die Zusammenarbeit zwischen Schule und Amateurastronomie sich von derjenigen aus den ersten Jahren des selbständigen Unterrichtsfaches Astronomie unterscheiden muß.

Kurz gefaßt läßt sich das Ergebnis aus Referat und interessanter Diskussion etwa so formulieren:

Während in den Jahren 1959 und danach die aktive, unmittelbare Hilfe des Amateurs im Astronomieunterricht der Oberschule nützlich, örtlich sogar zwingend war, füllt dem hilfsbereiten Amateurastronomen heute mehr eine Rolle zu, die der Art eines Mentors, eines Beraters oder eines Gastgebers gleicht.

Diese mehr indirekte Einwirkung ist durch vielfältige Formen realisierbar, die fast nur am Ort des Amateurs endgültig bestimmbar sind, da die Voraussetzungen von Schule zu Schule als auch bei jedem Amateurastronomen naturgemäß verschieden sind. Deshalb wurden die verschiedenen Modellformen, wie sie im Referat und früher schon genannt worden waren, noch einmal in ihrem Umfang, ihren Potenzen und mit ihren Folgeerscheinungen diskutiert, um den vertretenen Fachgruppen Astronomie oder den Einzelamateuren im Deutschen Kulturbund ihre Entscheidung zu erleichtern, welche der Möglichkeiten für sie gangbar sind.

Während der von Dr. Lindner (Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses und des Bezirksfachausschusses Leipzig) geleiteten Tagung konnte dieser zeigen, daß die drei vertretenen Bezirke den überwiegenden Anteil der Amateure aufbieten, die sich (meist mit ihrem eigenen Instrumentarium) in den Dienst der Sache stellen wollen.

Um allen Lesern unserer Zeitschrift, die weder die Möglichkeit hatten, die zentrale Konferenz in Berlin noch eine der Regionaltagungen zu besuchen, die Hauptanliegen der angebotenen Hilfeleistung darzustellen, sollen diese hier in knapper Form wiedergegeben werden.

1. Zur Durchführung der obligatorischen Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht stehen vielen Oberschulen z. Z. noch keine oder zu wenige Beobachtungsinstrumente zur Verfügung.

- Die Amateurastronomen, die private oder fachgruppeneigene Instrumente besitzen, sind aufgerufen, diese für die Durchführung der Beobachtungsabende mit Schülern zur Verfügung zu stellen. Dabei sollten die Instrumente vom Eigentümer selbst bedient werden.
- Es eignen sich bereits Fernrohre mit einer 50/540-mm-Optik dazu. Als Nothelfer können zunächst auch Feldstecher mit einer Optik von 10×50 auf Stativ Verwendung finden (z. B. bei der Mond-, Jupiter-, Doppelstern- oder Sternhaufenbeobachtung).
- Mit dem Lehrer der zu betreuenden Klasse muß vorher ein geeigneter Beobachtungsplatz ausgewählt werden.
- Auf alle Fälle sind am obligatorischen Beobachtungsabend nur die im Lehrplan vorgeschriebenen Beobachtungsaufgaben zu lösen. Darüber hinausgehende Beobachtungen müssen der Freizeitgestaltung der Jugendlichen vorbehalten bleiben.
- Deshalb ist bei allen Gelegenheiten, wo der Amateurastronom an Schülerbeobachtungsabenden mitwirkt, die Kenntnis der Aufgabenstellungen und deren Ziele unerlässlich. Das bedeutet, daß sich Lehrer und Amateurastronom vorher über das Programm und die gegenseitige Aufgabenverteilung bei Durchführung der Beobachtungen verständigen und einigen.

2. Mancherorts sind an Schulen astronomische Beobachtungsgeräte vorhanden, die jedoch bisher aus vielerlei Gründen ungenutzt blieben.

- Solche Instrumente ihrer Verwendung zuzuführen, sollten sich die Amateurastronomen anlegen sein lassen. Darin wird sich die Hilfeleistung jedoch nicht erschöpfen können. Sicher müssen gerade diese Instrumente durch sachgemäße Pflegearbeiten erst wieder für die Beobachtungsarbeit hergerichtet werden. (Ein dankbares Gebiet für Amateure, die im Instrumentenbau versiert sind.)
 - Gerade an solchen Schulen (aber nicht nur an solchen) wird es Astronomielehrer geben, die wenig Erfahrung an Beobachtungspraxis besitzen. Sie bedürfen in erster Linie der Hilfe des Amateurastronomen. Diese erstreckt sich auf die Anleitung zur Aufstellung des Beobachtungsinstrumentes ebenso, wie auf dessen Handhabung, Pflege sowie der Vermittlung einfacher Beobachtungstechniken (auch ohne Instrument).
 - Als Helfer bei der Durchführung der Beobachtungsabende wird der Amateurastronom aber auch gern gesehen sein, wenn an einer Schule oder an einer Schulsternwarte mehrere Instrumente zur Verfügung stehen, da an jedem Fernrohr sich nur wenige Schüler befinden sollen, was die Arbeit des Lehrers mit mehreren Schülergruppen erzwingt, die zu gleicher Zeit andere (z. B. nicht an das Instrument gebundene) Aufgaben lösen. Hier kann der Amateur als Betreuer am Fernrohr wertvolle Hilfe leisten.
3. Die Jugendlichen stellen den astronomischen und astronautischen Objekten und Fragen sehr aufgeschlossen gegenüber. Viele von ihnen haben das Bedürfnis (oder es wird durch die Beobachtungen im Unterricht geweckt), mehr darüber zu erfahren und mehr zu beobachten. Das läßt sich nur in **außerschulischen Arbeitsgemeinschaften** verwirklichen.
- Amateurastronomen als Arbeitsgemeinschaftsleiter würden das Bedürfnis der Kinder und Jugendlichen besser befriedigen helfen, da die Lehrer diese Aufgabe schon aus zeitlichen Gründen nicht allein bewältigen können.
 - Arbeitsgemeinschaften können auf der Basis der vom Ministerium für Volksbildung verbindlich erlassenen Rahmenarbeitspläne Astronautik (künftig auch Astronomie) für die Klassen 9 und 10 der polytechnischen Oberschulen gebildet werden.
- Es gilt aber auch das Interesse der Jüngeren zu berücksichtigen und wachzuhalten bzw. zu wecken. Deshalb sind Arbeitsgemeinschaften (etwa ab Klasse 6 oder 7) auf dem Gebiet der astronomischen Bildung und Erziehung ebenso erwünscht. Auch hier bedürfen die Schulen der Mitarbeit der Amateurastronomen. – Es sei erwähnt, daß diese Arbeit honoriert wird.
4. Hilfeleistung kann nicht einseitig gesehen werden. Sozialistische Hilfe beruht auf Gegenseitigkeit!
- Es gibt Amateurastronomen oder Fachgruppen Astronomie, die über kein eigenes Instrumentarium verfügen. Ebenso gut wie die Amateure anderenorts ihre eigenen Instrumente zur Verfügung stellen, darf erwartet werden, daß schuleigene Geräte genutzt werden dürfen, um sie für die amateurmäßige astronomische Beobachtung einzusetzen. Diese Umkehrung bedurfte bei den Vertretern der staatlichen Leitungen keiner Diskussion.

Die allerorts erstrebenswerte Mitarbeit der Amateurastronomen bei der Betreuung unserer Jugend hat u. a. auch den nicht zu unterschätzenden kulturpolitischen Aspekt, daß sie ermöglicht, astronomische Kenntnisse breiten Kreisen der Bevölkerung besser zugänglich zu machen und sich dabei künftig auf die heranwachsende Generation stützen zu können. Dabei dürfte der Amateurastronom leicht feststellen, daß er mit seinem Interessengebiet durchaus nicht so allein steht, wie es zuweilen den Anschein haben mag. Die Jugend ist auch für sein Wissensgebiet das Reservoir, aus dem er zu schöpfen vermag, wenn er es nur ernstlich will.

Diese geschilderten Bereiche in fruchtbringender Weise erneut deutlich gemacht zu haben, ist das Verdienst der Initiatoren und Mitgestalter der zum Problemkreis durchgeführten drei Arbeitstagen. Dafür gebührt ihnen ungeteilter Dank; allen voran dem Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses Astronomie, dem Bundesfreund Dr. Klaus Lindner sowie dem Sekretär beim Bundessekretariat des Deutschen Kulturbundes, Bundesfreund Horst Bänninger.

Mit der Tagung in Karl-Marx-Stadt ist die Etappe der zentralen Beratungen vorerst abgeschlossen. Es kommt nun darauf an, in den Kreisen, Städten und Gemeinden die Impulse zu verwirklichen, wozu die Mitglieder des Zentralen Fachausschusses allen Amateurastronomen Erfolg und Freude an dieser Aufgabe wünschen.

Was ist nun in der zweiten Phase zu tun?

Die Kreisschulräte sind auf dem staatlichen Leitungswege informiert und gehalten, das Angebot zum Nutzen des Astronomieunterrichtes aufzugreifen. Zusammen mit den Kreisleitungen des Deutschen Kulturbundes müssen jetzt die Fachgruppen Astronomie oder die Einzelamateure mit den Abteilungen Volksbildung bei den Räten der Kreise zu konkreten Vereinbarungen kommen, welchen Schulen bzw. Klassen geholfen werden soll. Dies wird in der praktischen Arbeit besonders mit den Kreisfachberatern abzusprechen sein, die für das Fach Astronomie verantwortlich zeichnen. Daraufhin steht der fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Lehrern und Amateurastronomen wohl kaum noch etwas im Wege.

Schließlich soll auch auf diesem Wege all denen der Dank übermittelt werden, die sich nach dem Aufruf zur Hilfeleistung in fast allen Bezirken unserer Republik zur Verfügung stellten. Wir sehen darin einen Ausdruck des Willens unserer Mitglieder, die Ziele und Aufgaben des neuen Fünfjahrplanentwurfes auf dem Gebiete der Volksbildung – im engeren und allgemeinen Sinne – erfüllen zu helfen, wie sie auf dem VIII. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschland beraten worden sind. Aus diesem Grunde glaubt der Zentrale Fachausschuß Astronomie die berechtigte Hoffnung haben zu dürfen, daß sich in den nächsten Wochen und Monaten noch weitere Amateurastronomen – besonders in den mittleren und nördlichen Bezirken der Republik – bereiterklären, die Schulastronomie auch in ihren Orten auf dem Gebiet der Schülerbeobachtungen wirksam zu unterstützen.

HEINZ ALBERT

i. A. des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Seminar „Beobachtung der Planeten und ihrer Monde“

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie führte am 15./16. Mai 1971 für 53 interessierte Fachgruppenmitglieder im Ratskeller Dresden-Loschwitz, Körnerplatz, ein Wochenendseminar zum Thema „Beobachtung der Planeten und ihrer Monde“ durch.

Seminarthemen und Referenten waren: „Zur Physik der Planeten“ (Dr. habil. Otto Günther, Zentralinstitut für Astrophysik, Potsdam); „Visuelle Beobachtung der Planeten“ (Ing. Hans-Joachim Blasberg, Dresden); „Fotografische Informationsgewinnung“ (Dipl.-Astr. Erich Bartl, Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg); „Fotografische Beobachtung der Planeten“ (OMR Dr. Karl Sigmund, Kamenetz).

Der erste Vortrag brachte im wesentlichen theoretische Erläuterungen, die zum Verständnis der folgenden Probleme nötigen Kenntnisse vermittelten. Der Referent ging auch auf die neuesten Ergebnisse der Planetenforschung mittels Raumfahrzeugen und Beobachtungen im Radiofrequenzbereich ein. Der zweite Vortrag behandelte die Informationsgewinnung mit Hilfe der visuellen Planetenbeobachtung, während sich die beiden letzten Vorträge mit der fotografischen Informationsgewinnung beschäftigten. Die gut gewählte Aufeinanderfolge der Themen war ebenso begrüßenswert wie die Möglichkeit zur Diskussion am Ende eines jeden Referates. Die Referenten verbanden die theoretischen Darlegungen mit praktischen Hinweisen, so daß die Vorträge sowohl für die eigene Betätigung wie auch für die Arbeit in den Fachgruppen sehr nützlich waren.

Bei den Darlegungen der Fachastronomen über modernste Verfahren bei der Informationsgewinnung waren bemerkenswert die Erläuterungen von Dipl.-Astr. Erich Bartl über neue Techniken in der Astrofotografie.

Bezüglich der Frage, ob die visuelle Beobachtung der fotografischen vorzuziehen ist oder umgekehrt, ergab die Synthese der dazu gehörten Ausführungen: Zum heutigen Zeitpunkt sind beide Methoden sinnvoll und anzuwenden, wobei man bei konkreten Vorhaben immer genau abwägen soll, wie die höchstmögliche Informationsausbeute zu erreichen ist. Im Zusammenhang damit erscheint es wünschenswert, daß durch Hinweise der Fachastronomen die Arbeit der Amateure gelenkt und koordiniert werden kann.

Sehr anregend war auch der Vorschlag von Ing. Blasberg zur Bildung von Beobachtungsgemeinschaften, deren Mitglieder gleiche Probleme unabhängig voneinander bearbeiten und sich am Ende eines gewissen Zeitraumes zusammenfinden, um Erfahrungen und Ergebnisse auszutauschen. Zum Beispiel könnten Positionsbestimmungen des Großen Roten Flecks oder andere Beobachtungen am Jupiter Gegenstand derartiger gemeinsamer Betätigung sein. Anknüpfend an solche Vorhaben ist zu bemängeln, daß innerhalb der dem Amateur zugänglichen Literatur immer noch kein Beobachtungsbuch erschienen ist. Gewiß wäre manchem, der sich mit den reizvollen Erscheinungen am Sternenhimmel beschäftigt, derartige Literatur eine große Hilfe.

Es zeigte sich auch auf diesem Seminar, besonders auch während des Beobachtungsaufenthaltes in der Sternwarte Prof. Dr. Manfred von Ardenne (der dankenswerter Weise die Erlaubnis dazu gab), wie nützlich die Vermittlung der Erfahrungen geübter Sternfreunde ist, und wie dankbar die jungen Amateure für diese wertvollen Hinweise sind.

Ich glaube im Namen aller Teilnehmer zu handeln, wenn ich an dieser Stelle dem Deutschen Kulturbund recht herzlichen Dank für den reibungslosen Ablauf des Seminars ausspreche und gleichzeitig der Hoffnung Ausdruck gebe, daß derartige Seminare auch weiterhin durchgeführt werden.

THEO CHRISTOPH

Pionier- und Volkssternwarte Schneeberg, Erzgeb.

Das Astronomische Zentrum „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam

Im Verlaufe des mehr als siebenjährigen Bestehens der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“ beim Deutschen Kulturbund Potsdam konnten eine Reihe von Einrichtungen aus- bzw. aufgebaut werden, die sich jedoch auf den Ortsteil Babelsberg beschränkten und eine Konzentration vermissen ließen. Es handelt sich um die Volks- und Schulsternwarte in der Bürgel-Schule, die Jugendsternwarte „W. Komarow“ sowie das Astronomische Kabinett im Kreiskulturhaus.

Insgesamt konnten in dieser Zeit 415 Vorträge mit rund 10000 Besuchern und 335 Beobachtungen mit 8300 Besuchern durchgeführt werden. Außer den Beobachtungen in den beiden Sternwarten fanden auch zahlreiche öffentliche Beobachtungen auf Straßen, in Ferienlagern und auf Campingplätzen statt. Über 300 Lehrer führten ihre Weiterbildungsveranstaltungen im Fach Astronomie in den Einrichtungen der Arbeitsgemeinschaft durch.

Seit Bestehen des Planetariums im Oktober 1968 verlagerte sich die astronomische Volksbildungsarbeit in den Neuen Garten. Dieser Standort wird durch den Besucherstrom zum Deutschen Armeemuseum und zur Historischen Gedenkstätte Cecilienhof, aber auch als Naherholungsgebiet sehr begünstigt. Im Planetarium fanden seitdem 1060 Vorführungen mit 26000 Besuchern statt. Da bisher noch keine Planstelle vorhanden ist, mußte der größte Teil der Vorführungen von den Mitgliedern der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft ehrenamtlich oder nebenamtlich bewältigt werden.

Zwei Jugendzirkel mit 35 Mitgliedern arbeiten sehr erfolgreich: Der Jugendzirkel Babelsberg unter Leitung von Uwe Hasselmann in der Volks- und Schulsternwarte der Bürgel-Schule, der Jugendzirkel Potsdam unter Leitung von Lutz Günther im Astronomischen Zentrum. Außerdem leitet Lutz Günther den zwar kleinen, aber aktiven Zirkel für Himmelsfotografie in der Jugendsternwarte „W. Komarow“.

Aufbau und Funktion des Astronomischen Zentrums

Es lag daher nahe, die astronomische Volksbildungsarbeit beim Planetarium im Neuen Garten zu konzentrieren. Seitens des dort befindlichen Bezirkskabinetts für außerunterrichtliche Tätigkeit fand der Plan volle Zustimmung sowie materielle Unterstützung für den Ausbau und den Ankauf mehrerer Fernrohre samt Zubehör. Die Abteilung Kultur beim Rat der Stadt stellte ebenfalls Mittel für dieses Projekt zur Verfügung. Dank der Initiative

und der Einsatzbereitschaft der AG-Mitglieder konnten in einer halbjährigen Aufbauarbeit in über 1300 NAW-Stunden folgende Teilkomplexe errichtet werden:

Vortragsraum für 40 Plätze: Ein bereits bestehender Raum wurde gründlich renoviert und als Fachunterrichtsraum eingerichtet. Der größte Teil der Unterrichtsmittel wird dort aufbewahrt, Lichtschreibergerät, Bildwerfer und Filmvorführgerät stehen jederzeit zur Verfügung. Vier Vitrinen dienen für Ausstellungswecke.

Foto- und Bastelraum: Eine komplette Fotoeinrichtung mit Vergrößerungs-, Reproduktions- und Diakopiergerät soll ein völlig selbständiges Arbeiten ermöglichen. Für Bastelarbeiten steht das entsprechende Werkzeug zur Verfügung. Im Herbst d. J. soll ein Zirkel für den Selbstbau von Fernrohren gegründet werden.

Arbeitskabinett für 17 Plätze: In diesem Raum können die Beobachtungen vor- und nachbereitet sowie die astronomischen Instrumente aufbewahrt werden. Bildwerfer, Anschauungs tafeln und Modelle ermöglichen es, Kurzvorträge als Ergänzung zu den Beobachtungen durchzuführen.

Beobachtungsstation: Auf einer 16,5 mal 2,5 m großen Plattform zwischen zwei Dachgiebeln befinden sich 5 Säulen für die Fernrohre. Auf diese Weise wird eine Gruppenarbeit ermöglicht; die Besucher können an mehreren Fernrohrtypen verschiedene Objekte in kurzer Zeit beobachten. Für die astrognostische Arbeit steht außerdem genügend Platz zur Verfügung. Das Instrumentarium setzt sich wie folgt zusammen: 1 Kometensucher 80/500, 2 Refraktoren 63/840, 1 Refraktor 80/1200, 1 Refraktor 100/1000. Davon befinden sich die beiden zuletzt genannten Refraktoren auf 1-b-Montierungen mit elektrischem Antrieb. Zur Ausstattung gehören noch: Astro-kamera 56/250, Mond- und Planetenkamera, Herschelpisma, Sonnenprojektionsschirme, Okularprismen u. a. m.

Bürgel-Gedenkstätte

In einem 34 m² großen Raum befinden sich die Bücher, Schriften, Instrumente und Einrichtungsgegenstände⁶ des Arbeiterastronomen und Schriftstellers Bruno H. Bürgel (1875 bis 1948). Die Gedenkstätte war seit 1955 in Babelsberg, Merkurstraße 10, wo Bürgel 21 Jahre gelebt und gewirkt hat, untergebracht. Durch Ratsbeschluss vom 13. 8. 1970 wurde die Gedenkstätte in das Astronomische Zentrum im Neuen Garten verlagert.

In der neuen Gedenkstätte sollen das Leben und Wirken Bürgels weiten Kreisen und besonders der Jugend besser nahe gebracht werden. Die Bürgel-Ehrung soll keinen musealen Charakter haben, sondern soll in die populäre Arbeit, an der Bürgel einst so viel gelegen war, einbezogen werden.

Mit der Verlagerung der Gedenkstätte war auch eine Neukonzeption sowie ein gründliches Sichten und Ordnen der zahlreichen Gegenstände erforderlich. Der Raum enthält u. a. etwa 1600 Bücher seiner Bibliothek, über 80 Mappen mit dem Schriftwechsel, Bilder, Zeitungsausschnitte, Artikel und Erinnerungsgegenstände. Das große Fernrohr 200/2610 konnte nicht in der Gedenkstätte aufgestellt werden und hat seinen Platz am Eingang ins Planetarium gegenüber der Bürgel-Büste gefunden.

Der linke Teil der Gedenkstätte ist der früheren Einrichtung getreu nachgebildet worden. Im rechten, modernen Teil dienen 12 Sitzplätze für Zusammenkünfte der Bürgel-Freunde und für Veranstaltungen.

Es ist beabsichtigt, im Herbst d. J. einen Bürgel-Freundeskreis zu gründen. Der Rechtsträger der neuen Gedenkstätte ist das Bezirksheimatmuseum Potsdam. Das Bürgel-Haus in der Merkurstraße wird eine Gedenktafel erhalten.

Außenstellen des Astronomischen Zentrums

Als Außenstellen des Astronomischen Zentrums fungieren: Die Volks- und Schulsternwarte der Bürgel-Schule Babelsberg mit einem Refraktor 90/1500 und einem Vortragsraum mit 22 Plätzen. Die Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“, Babelsberg, Hubertusdamm, mit einem Reflektor MENISCAS 150/2250. Für öffentliche Beobachtungen stehen 2 Refraktoren 63/840 und 68/950 zur Verfügung. Ein weiterer Refraktor 110/1500 befindet sich am Eingang des Planetariums.

Als ein Gemeinschaftswerk mehrerer Institutionen (Astron. AG, Kultur, Volksbildung) wird das Astronomische Zentrum in erster Linie der astronomischen Volksbildungsarbeit im Sinne Bürgels dienen und damit ein wesentlicher Faktor im geistig-kulturellen Leben der Stadt Potsdam sowie der Umgebung sein. Darüberhinaus aber soll die neue Einrichtung, die am 2. Mai 1971 in einer Feierstunde ihrer Bestimmung übergeben wurde, der Unterstützung des Astronomieunterrichts, der außerunterrichtlichen Tätigkeit, für Jugendstunden, der Lehrerweiterbildung sowie der Ausbildung von Studenten dienen. Damit hat Potsdam als ein bedeutendes Zentrum der wissenschaftlichen Astronomie auch ein Zentrum für populärwissenschaftliche Arbeit sowie für die amateurastronomische Betätigung erhalten.

A. ZENKERT

Aus der Literatur

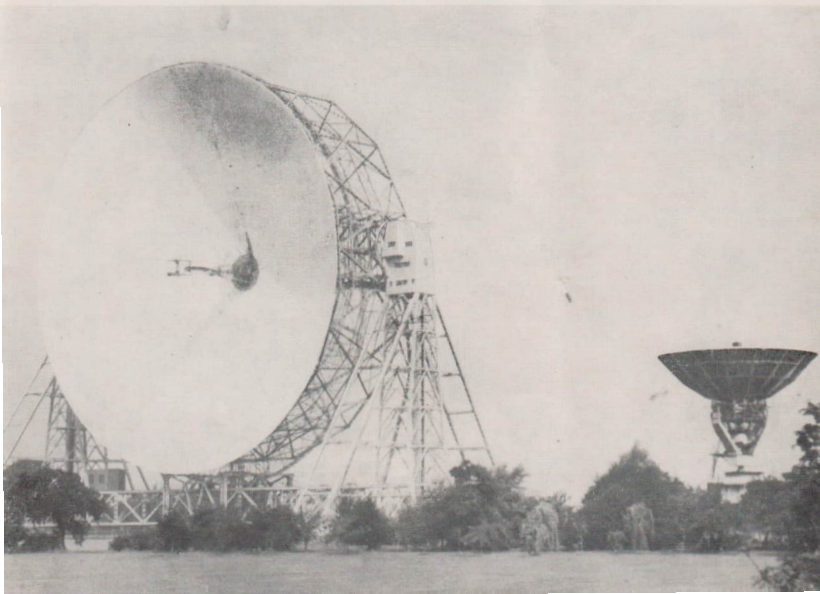
Rotverschiebung nicht nur kosmologischen Ursprungs?

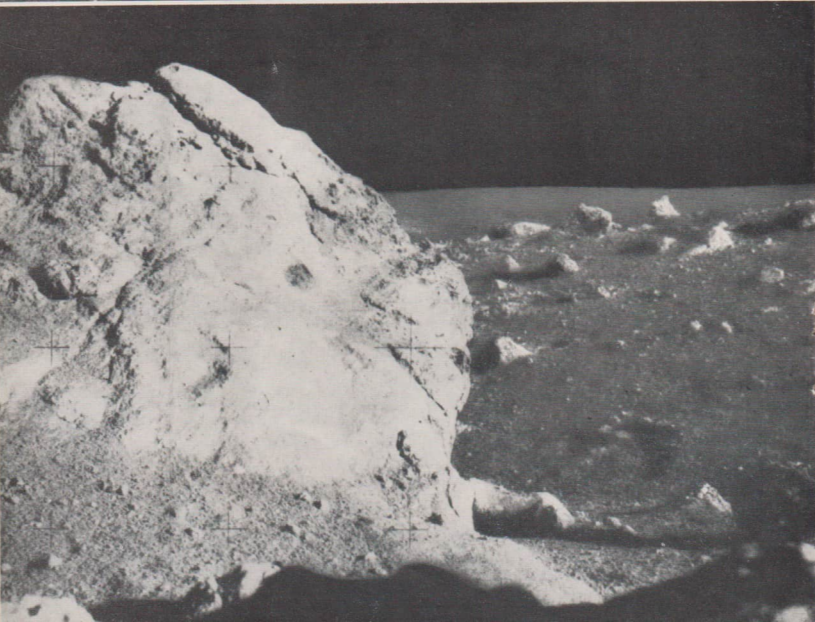
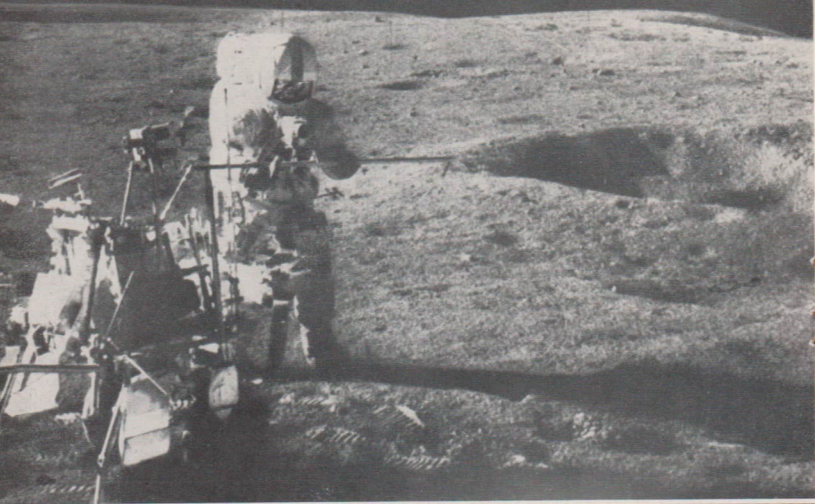
H. Arp stellte aufgrund neuerer Beobachtungen fest, daß einige kleinere Galaxien aus großen, älteren Galaxien ausgescheuert worden sind. Er kam zu dieser Meinung durch Aufnahmen sehr hoher Qualität, die Materiebrücken zwischen den Galaxien zusammengehörender Gruppen zeigen, d. h. materielle Verbindungen zwischen der „Muttergalaxie“ und den „Tochtergalaxien“. Die Galaxien, die eine eben beschriebene Gruppe bilden, sind etwa gleich weit von uns entfernt und müssen damit gleiche Fluchtgeschwindigkeit haben und somit gleiche Beträge kosmologischer Rotverschiebung in den Spektren.



Zum Beitrag S. 101: 20 Jahre Jodrell Bank

Die beiden Radiospiegel in Jodrell Bank, Mark 1 und Mark 2







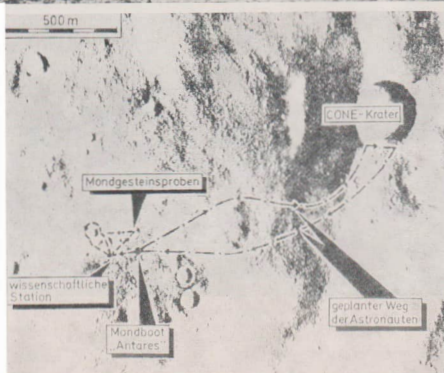
Zum Beitrag S. 121 Bordelektronik für Apollo

Links außen, oben:
Astronaut Shepard vor
dem Handkarren, rechts
ein größerer Krater. Am
Horizont erkennt man
den hügeligen Charakter
der Landschaft des Fra
Mauro-Vorgebirges.

Links außen, unten:
Einer der großen Mond-
steine, von den Apollo-
14-Astronauten
fotografiert. Am „Fuß“
des Steines sind Ver-
witterungsüberreste
zu erkennen.

Links oben: Die
Fahrspur des Hand-
karrens der Apollo-14-
Astronauten. Im
Hintergrund das
gelandete LM.

Links unten: Karte des
vorgesehenen Weges der
Apollo-14-Astronauten
auf dem Mond.



Zum Beitrag S. 111: Das Astronomische Zentrum „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam



Oben: Bürgel-Gedenkstätte (historischer Teil), unten: Bürgel-Gedenkstätte (neuer Teil).



Arp fand bei der Galaxie NGC 772 und ihren Begleitern, die deutlich physikalisch zusammengehören, aus den Spektren ganz verschiedene Rotverschiebungen. In zwei Fällen sind die Rotverschiebungen der Tochtergalaxien fast 10mal so groß wie die Rotverschiebung der Muttergalaxie. Die hier beobachteten Rotverschiebungen müssen – zumindest zu einem gewissen Teil – aus anderen Gründen als der einfachen, kosmologischen Rotverschiebung resultieren. Die beobachtete Rotverschiebung könnte z. B. als Summe aus der Fluchtbewegung und der Schleuderbewegung entstehen.

Dieser Schluß kann für die Erklärung und das Verständnis der Quasare, die als Objekte mit den größten Rotverschiebungen bekannt sind, von großer Bedeutung sein, da auch die Quasare – wie Arp und einige andere glauben – aus normalen Galaxien ausgeschleudert wurden.

Weitere Arbeiten, vor allem Beobachtungsarbeiten, sind erforderlich, um die Hypothese von Arp zu prüfen.

Sm.

Wie hell ist es im Innern eines Kugelsternhaufens?

Jeder astronomisch Interessierte weiß, daß sich ein Kugelsternhaufen durch die zum Zentrum des Haufens ansteigende Dichte der Sterne pro Volumeneinheit auszeichnet. Fotografische Aufnahmen von Kugelsternhaufen lassen in den Randpartien die Einzelsterne des Haufens erkennen, in den zentrumsnahen Gebieten sieht man aber nur den nicht mehr in Einzelsterne auflösbaren Kern des Haufens. Hier müssen die Sterne also sehr dicht stehen.

Nehmen wir nun an, im Zentrum des Haufens befinde sich ein Beobachter, dann ist die Frage, wie hell ist es für den Beobachter z. B. im Vergleich zu einem Beobachter auf der Erde, der sich 150 Millionen km von einem Fixstern, der Sonne, entfernt befindet.

E. Hertzsprung äußerte um 1920 die Meinung: „... daß in der Mitte des Haufens die Gesamtheit der Sterne eine Beleuchtung erzeugt, die mit dem Mondschein auf der Erde zu vergleichen ist.“

Ausgehend von der zentralen Flächenhelligkeit der Haufen erhält man für einige Kugelsternhaufen zentrale Beleuchtungsstärken von 5 % bis 50 % der Beleuchtungsstärke des Vollmondes. Ganz entsprechend kann man natürlich die Frage stellen, wie hell es im Zentrum einer Galaxie ist. Für den Zentralpunkt des bekannten Andromedanebels bekommt man eine Beleuchtungsstärke von 2,68 Vollmondeinheiten.

Sm.

Nach „Die Sterne“, Heft 2/1971, S. 78

Automatisierung in der Astronomie

Mit großen Spiegelteleskopen und modernen Astrographen werden jetzt Himmelsaufnahmen gewonnen, die manchmal 2 Millionen Einzelobjekte aufweisen. Mit den bisher üblichen Auswertungsgeräten konnte der ungeheure Informationsreichtum derartiger Aufnahmen erst in jahrelanger Arbeit erfaßt werden. Dabei fallen auf den Sternwarten monatlich oft Dutzende derartiger Aufnahmen an. Die Sternwarte Edinburgh (England) faßte daher 1965 den Plan, einen *Elliott Computer (Type 4130)* zur Auswertung von Himmelsaufnahmen einzusetzen. Im März 1969 konnte mit den routinemäßigen Arbeiten begonnen werden. Der Erfolg übersteigt alle Erwartungen. Der Computer sucht die Platten mit einer Geschwindigkeit von etwa 10000 Sternen pro Stunde ab, wobei er die Positionen der Sterne sowie ihre Helligkeit, Farbe und Dichte feststellt. Die günstigen Ergebnisse führten zur Bestellung eines zweites derartigen Gerätes für die Sternwarte Greenwich.

J. CLASSEN

Laser-Höhenmesser für Mondflüge

Ein von der RCA-Corp. entwickelter Laser-Höhenmesser für die Abstandsbestimmung zwischen der Mondoberfläche und einem den Mond umkreisenden Raumschiff soll bei APOLLO 16 sowie eventuell folgenden Mondflügen eingesetzt werden. Er gestattet Höhenmessungen mit einer Genauigkeit von 2 m im Bereich von 40...80 nautischen Meilen. Die Höhenangabe wird aller 20 s ermittelt und aufgezeichnet. Ein unmittelbares Einblenden in Fotos der Mondoberfläche ist möglich. Bei einer Höhe von 80 nM erreicht der 1×10^{-8} s dauernde Laserimpuls eine Laufzeit von 10^{-8} s. Das Gesamtgerät hat eine Masse von 22 kg bei 0,03 m³ Volumen.

H.D.N.

Nach: Funkschau, 43 (1971) 7, S. 186

Weitere Moleküle im interstellaren Raum entdeckt

In den IAU-Cirkularen No. 2319 und No. 2322 wurde über die Entdeckungen weiterer Moleküle im interstellaren Raum berichtet. Rubin, Swenson, Bensen, Tigelaar und Flygare (Astronomy Department and Chemistry Department University Illinois) teilen die Entdeckung von NH₂COH mit, dem ersten Molekül, in dem Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff gebunden sind. Die Entdeckung gelang mit dem 47,5-m-Radioteleskop des „National Radio Observatory“ am 23. März 1971 für die Quelle Sagittarius B 2 (Sgr B 2).

Die astronomischen Messungen stimmen sehr gut mit den entsprechenden Labormessungen überein. Das Molekül NH₂COH ist sehr interessant vom Standpunkt der präbiologischen Chemie.

Solomon, Jefferts, Penzias und Wilson (Astronomy Department Columbia University, Bell Telephone Laboratories) entdeckten Anfang des Jahres 1971 drei weitere Moleküle im interstellaren Raum (CH₃CN, OCS, CS). Die

Entdeckungen gelangen Solomon und Mitarbeitern mit dem 11-m-Radioteleskop des „National Radio Observatory on Kitt Peak“.

CH_3CN wurde außer in den Sagittariusquellen auch in den bekannten Quellen W 51 und Ori A gesucht, dort allerdings bisher ohne Erfolg. OCS wurde in Sgr B 2 nachgewiesen, in Sgr A aber nicht. Der fehlende Nachweis kann an der für die dortigen Verhältnisse nicht ausreichenden Empfindlichkeit der Beobachtungseinrichtung liegen.

CS wurde in insgesamt 4 Quellen gefunden, dabei zeigte sich die Linienstruktur für die Quelle IRC + 10216 besonders breit.

Sm.

Tabelle

Molekül	Frequenz in MHz	Wellenlänge in mm	Quellen, in denen nachgewiesen wird
Formamid NH_2COH	4619,04	65	Sgr A, Sgr B 2
Methyl Cyanid CH_3CN	110383		
	110381	2,7	Sgr A, Sgr B 2
	110375		
	110364		
Carbonyl Sulphid OCS	109463	2,7	Sgr B 2
Carbon Monosulphid CS	146969	2,0	Ori A, W 51, DR 21, IRC + 10216

Von Hypothesen zu Tatsachen

Zum Flug von Mars 2 und 3

Der Mars ist nur etwa halb so groß wie die Erde, seine Masse liegt bei etwa 0,1, die Dichte bei etwas mehr als 0,7 der Erddichte. Gegenstände haben auf dem Mars annähernd ein Drittel ihres Gewichts wie die auf der Erde. Der Mars ist nicht in Wolken gehüllt, mit dem Teleskop lassen sich gut Einzelheiten seiner Oberflächengestaltung erkennen. Es konnte beobachtet werden, daß sich der Planet in derselben Richtung wie die Erde um seine Achse dreht. Die Rotationsperiode ist nur 41 Minuten länger als die durchschnittliche Länge eines Erdtages. Der Wechsel der Jahreszeiten vollzieht sich dort etwa genauso wie bei uns, wobei die langzeitlichen Veränderungen krasser ausgeprägt sind, da die Umlaufbahn des Mars länger ist.

Auf dem Mars treten vor allem grellweiße Gebiete in der Nähe der Pole deutlich hervor – die nördliche und die südliche Polkappe, deren Ausmaße sich im Verlaufe des Jahres deutlich verändern. Der ganze übrige Teil der Oberfläche läßt sich gewöhnlich in zwei Gebiete unterteilen: rot-gelbe Räume, die bedingt als „Festländer“ oder „Kontinente“ bezeichnet werden können, und relativ dunklere Gebiete, die „Meere“ genannt werden. Sogar noch feinere Einzelheiten sind erkennbar: „Seen“, „Buchten“ und „Oasen“. Der Anteil der „Festländer“ an der Gesamtoberfläche des Mars beträgt fünf Sechstel.

Auf einigen Karten und zahlreichen Zeichnungen von Oberflächendetails, die nach Beobachtungen mit dem Teleskop angefertigt wurden, ist ein Netz von dunklen, verhältnismäßig schmalen Linien zu sehen. Die Entdeckung dieser „geometrischen“ Einzelheiten der Marsoberfläche Ende des vorigen Jahrhunderts war eine Sensation. Man nannte sie „Kanäle“.

Die Vervollkommenheit der optischen und radioastronomischen Beobachtungen während des letzten Jahrzehnts und die Forschungen der Raumflugkörper haben unsere Kenntnisse über die physikalischen Bedingungen auf dem Mars wesentlich erweitert. An die Stelle der einzelnen Beobachtungsergebnisse und Hypothesen treten allmählich neue, experimentelle Fakten, deren Verallgemeinerung innerhalb theoretischer Modelle ein genaueres Bild liefert. Dennoch können die Wissenschaftler heute viele Fragen noch nicht beantworten.

Ein kompliziertes Problem ist vor allem die Struktur und die Dynamik der Marsatmosphäre. Die Erkenntnisse, die bisher in dieser Hinsicht gewonnen wurden, sind leider zeitlich und räumlich begrenzt, die Angaben über die Zusammensetzung der Atmosphäre beziehen sich vornehmlich auf ihre wichtigsten Komponenten.

Es wurde festgestellt, daß die Atmosphäre des Mars wie die der Venus im großen und ganzen aus Kohlendioxid besteht. Vom Stickstoff sind nicht einmal Spuren entdeckt worden; es kann angenommen werden, daß sein Anteil an der Marsatmosphäre nur wenige Prozent beträgt. Wasser ist nur in sehr geringen Mengen vorhanden; sein Gesamtgehalt macht nur ein Tausendstel des Wassergehalts in der Erdatmosphäre aus. Dennoch beträgt bei diesem Wassergehalt die relative Feuchtigkeit der Marsatmosphäre im Durchschnitt rund 50 Prozent. Der Sauerstoff ist in der Atmosphäre des Mars wie in der der Venus nur als kleine Beimischung vorhanden. Der mittlere Druck an der Marsoberfläche wird mit fünf bis sieben Millibar veranschlagt, höchstens ein Hundertstel des Druckes auf der Erdoberfläche. Auf der Tagseite beträgt die Temperatur der Atmosphäre in der Nähe des Äquators 10 bis 20 Grad Celsius. Auf der Nachtseite fällt sie schnell auf etwa –60 bis –70 Grad. Das spricht für eine sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit des Marsbodens.

Der Temperaturhaushalt der Marsatmosphäre unterscheidet sich erheblich vom Temperaturhaushalt der Erde und der Venusatmosphäre. In der verdünnten Atmosphäre des Planeten ist der Wärmeverrat sehr klein und hat auf den Wärmeaustausch mit der Oberfläche wenig Einfluß. Infolge der hohen Durchlässigkeit der Atmosphäre für die sichtbare und die Wärmestrahlung sowie der geringen Wärmeleitfähigkeit des Marsbodens erwärmt

Fortsetzung 3. Umschlagseite

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



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

Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte eines Raketentreibstoffes

WOLFGANG STRUBELL

Bereits in einer früheren Veröffentlichung wurde über dieses Problem geschrieben. Jedoch lag damals die Rauchgaszusammensetzung vor, und aus dieser konnten dann über die spezifischen Wärmen die charakteristische Ausströmgeschwindigkeit, die theoretische Ausströmgeschwindigkeit und der spezifische Impuls berechnet werden.

Im jetzigen Falle sollen nun die Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte ohne und mit Berücksichtigung der Dissoziation sowie die Brennkammertemperatur bestimmt werden. Dabei ist der Rechengang bewußt ausführlich dargestellt worden, um auch weniger versierten Interessenten eine solche Berechnung zu ermöglichen.

1. Brennstoffformel

Die allgemeine Brennstoffformel für Kohlenwasserstoffe lautet: CH_{CHb}

Dies bedeutet, daß auf 1 Grammatom Kohlenstoff c_{Hb} Grammatome Wasserstoff kommen.

b = Herkunft aus dem Brennstoff

o = Herkunft aus dem Oxydator.

c_{Hb} = Grammatome Wasserstoff im Brennstoff, bezogen auf 1 C-Atom

c_{Ho} = Grammatome Wasserstoff im Oxydator (z. B. HNO_3)

c_{H} = Grammatome Wasserstoff in der gesamten Treibstoffkombination.

Analog $\text{c}_{\text{Ob}}, \text{c}_{\text{Oo}}, \text{c}_{\text{O}}$ für Sauerstoff Brennstoff: 90 Gew.-% $\text{C}_6\text{H}_6 + 10 \text{ Gew.-%}$

und $\text{c}_{\text{Nb}}, \text{c}_{\text{No}}, \text{c}_{\text{N}}$ für N_2 % Toluol

und $\text{c}_{\text{Sb}}, \text{c}_{\text{So}}, \text{c}_{\text{S}}$ für S_2 usw. Benzol: Molgew. 78,11

Toluol: Molgew. 92,13

$\text{C}_6\text{H}_6:6 = \text{C}_1\text{H}_{1,000}$ Molgew.: 78,11:6 = **13,02**

$\text{C}_7\text{H}_8:7 = \text{C}_1\text{H}_{1,143}$ Molgew.: 12,011 + 1,143 · 1,008 = 12,011 + 1,152 = **13,163**

100 g Brennstoffgemisch enthalten in Molen:

90:13,02 $\text{CH}_{1,000} + 10:13,163 \text{ CH}_{1,143} = 6,914 \text{ CH} + 0,7598 \text{ CH}_{1,143} = 7,673 \text{ (Molzahlsumme)}$

Durch Addition der Molzahlen für C und H folgt die hypothetische Formel:

$$C_{7,673} H_{6,914 + 1,143 \cdot 0,7598} = C_{7,673} H_{7,782}$$

Hieraus ergibt sich die auf ein C-Atom bezogene Brennstoffformel:

$$7,782:7,673 = 1,014 \quad \text{Molgew.:} = 12,011 + 1,014 \cdot 1,008 = 12,011 + 1,024$$

$$CH_{1,0142} \text{ mit } c_{HB} = 1,014 \quad \text{Molgew.:} = 13,035$$

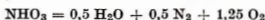
2. Stöchiometrischer Sauerstoffbedarf und Sauerstoffträgerbedarf

Bei der stöchiometrischen Verbrennung wird C vollständig zu CO_2 und H völlig zu H_2O verbrannt. Der stöchiometrische Sauerstoffbedarf für einen Brennstoff auf Kohlenwasserstoff-Basis beträgt daher: $2 + \frac{c_{HB}}{2}$

$$\text{Für unseren Fall: Sauerstoffbedarf stöch.} = 2 + \frac{c_{HB}}{2} = 2 + 0,507 = \mathbf{2,507}$$

Wird Sauerstoff zur Verbrennung eingesetzt, so können verschiedene Sauerstoffträger verwendet werden, wie Flüssigsauerstoff, Salpetersäure, Wasserstoffperoxid, Stickstofftetroxyd u. a.

Wir wählen als Oxydator hochkonzentrierte Salpetersäure. Der darin verfügbare Sauerstoff geht aus der folgenden Zersetzungsgleichung hervor:



Ein Mol Salpetersäure liefert also 2,5 Gramm-Atome aktiven Sauerstoff, der für die Verbrennung zur Verfügung steht. Damit ergibt sich ein stöchiometrischer Sauerstoffträgerbedarf von:

$$\frac{2,507}{2,5} = 1,004 \text{ Mole } NHO_3 \text{ pro Brennstoffformel.}$$

$$\text{Molgew. } HNO_3 = \mathbf{63,02}$$

3. Mischungsverhältnis

$$\text{Mischungsverhältnis } m = \frac{\text{kg Brennstoff}}{\text{kg Sauerstoffträger}}$$

$$\lambda = \text{Sauerstoffträgerverhältnis} = \frac{m_{st\delta}}{m} \quad \lambda = 1 \text{ stöchiometrische Verbrennung}$$

$$\lambda < 1 \text{ Brennstoffüberschuß} \quad \lambda > 1 \text{ Sauerstoffüberschuß}$$

$$m_{st\delta} = \frac{\text{Molgew. n. Brennstoffformel}}{\text{stöch. } O_2\text{-Trägerbedarf} \cdot \text{Molgew. d. Sauerstoffträgers}}$$

Für unseren Fall gilt:

$$m_{st\delta} = \frac{13,035}{1,004 \cdot 63,02} = \frac{13,035}{63,272} = 0,206 \quad \lambda = \frac{m_{st\delta}}{m} = \frac{0,206}{0,2578} = 0,80$$

$m = \text{angenommen} = 0,2758$, also $\lambda < 1$ und damit Brennstoffüberschuß.

Bestimmung des Mischungsverhältnisses

$$m = \frac{m_{st\delta} \cdot q}{1 - q} \quad (q \text{ siehe Literatur}^1)$$

Bekannt: $\lambda = 0,80$ $m_{\text{st6ch}} = 0,206$ $q = 0,556$

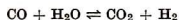
$$m = \frac{0,206 \cdot 0,556}{0,444} = \frac{0,115}{0,444} = 0,258$$

Der Sauerstoffgehalt beträgt nach Buchner²

$$c_O = \lambda \cdot 2 + \frac{1}{2} c_{\text{Hb}} = 0,8 \cdot 2 + 0,507 = 2,107 \quad c_O = 2,107$$

4. Verbrennungsgleichungen ohne thermische Dissoziation

Bei st6chiometrischer Verbrennung treten als undissoziierte Verbrennungsprodukte nur CO₂, H₂O und N₂ auf, während bei Sauerstoffuberschuf daneben noch CO und H₂ auftreten. Bei Brennstoffuberschuf stellt sich das Wasserglasgleichgewicht ein.



p_i = Partialdrücke

$$K_1 = \frac{p_{\text{CO}_2} \cdot p_{\text{H}_2}}{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

n_i = Konzentration in Mol

pro Verbrennungsgleichung

Dies gilt nur, weil keine Molzahlanderung auftritt.

Unter Berücksichtigung des Gesamtwasserstoffgehaltes c_{H} und des Gesamtsauerstoffgehaltes c_O erfolgt der Ausdruck:

$$n_{\text{CO}_2} = - \frac{\frac{c_{\text{H}}}{2} - c_O + 1 + c_O \cdot K_1}{2 \cdot (1 - K_1)} \pm \sqrt{\frac{K_1 \cdot (c_O - 1)}{1 - K_1} + \left(\frac{\frac{c_{\text{H}}}{2} - c_O + 1 + c_O \cdot K_1}{2(1 - K_1)} \right)^2}$$

In dieser Gleichung gilt jeweils dasjenige Vorzeichen vor der Wurzel, das einen positiven Wert für n_{CO_2} ergibt, denn nur positive Molzahlen haben physikalisch einen Sinn.

$$c_{\text{H}} = c_{\text{Hb}} = 1,014; \quad \frac{c_{\text{Hb}}}{2} = 0,507; \quad c_O = 2,106; \quad K_1 = 0,218 \text{ bei } 200^\circ\text{K} \quad \lambda = 0,80 = 80\%$$

K_1 für verschiedene Temperaturen

T°K	K ₁	T°K	K ₁
2000	0,218	3250	0,1338
2225	0,185	3500	0,128
2500	0,1645	3700	0,123
2750	0,1508	4000	0,120
3000	0,1412		

$$n_{\text{CO}_2} = - \frac{(0,507 - 2,106 + 1 + 2,106) \cdot 0,218}{2(1 - 0,218)} \pm \sqrt{\frac{0,218(2,106 - 1)}{1 - 0,218} + \left(\frac{0,507 - 2,106 + 1 + 2,106}{2(1 - 0,218)} \right)^2}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{CO}_2} &= -\frac{0,329}{1,56} \pm \sqrt{\frac{0,219}{0,782} + \left(\frac{0,329}{1,56}\right)^2} \\
 &= -0,2008 \pm \sqrt{0,280 + (0,200)^2} \\
 &= -0,2008 \pm \sqrt{0,280 + 0,4} \\
 &= -0,2008 \pm \sqrt{0,680} \\
 &= -0,2008 \pm 0,8091 \\
 n_{\text{CO}} &= \mathbf{0,6097}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{CO}} &= 1 - n_{\text{CO}_2} \\
 n_{\text{H}_2\text{O}} &= 2 + \frac{c_{\text{H}}}{2} - 1 - n_{\text{CO}_2} \\
 n_{\text{H}_2} &= \frac{c_{\text{H}}}{2} - c_{\text{O}} + 1 + n_{\text{CO}_2} \\
 n_{\text{CO}} &= 1 - 0,6097 \\
 n_{\text{CO}} &= \mathbf{0,3903}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{H}_2\text{O}} &= 2 + 0,507 - 1 - 0,6097 \\
 n_{\text{H}_2\text{O}} &= \mathbf{0,8973}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{H}_2} &= 0,507 - 2,106 + 1 + 0,6097 \\
 n_{\text{H}_2} &= \mathbf{0,0107}
 \end{aligned}$$

Der Stickstoff aus der Salpetersäure wird berücksichtigt durch

$$c_{\text{N}} = \text{stöchiometr. Sauerstoffbedarf} \cdot \lambda$$

$$c_{\text{N}} = 1,004 \cdot 0,8 = 0,8032$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{c_{\text{N}}}{2} = 0,4016$$

Die Gleichungen zur Berechnung von n_{CO_2} , n_{CO} , $n_{\text{H}_2\text{O}}$, n_{H_2} , n_{SO_2} und n_{HCl} sind zusammengefaßt bei E. Büchner⁹.

Aus den Werten der Tabelle 1 ergeben sich die Verbrennungsgleichungen ohne Berücksichtigung von Dissoziationsvorgängen für das gewählte Treibstoffgemisch.

Für 2000 °K und $\lambda = 0,80$ gilt dann:

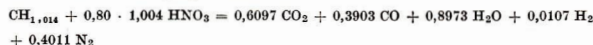


Tabelle 1:

Gaszusammensetzung ohne thermische Dissoziation bei 2000 °K (Treibstoffgemisch 90 % Benzol + 10 % Toluol + Salpetersäure)

$$\lambda = 0,80$$

CO ₂	0,6097	
CO	0,3903	
H ₂ O	0,8973	
H ₂	0,0107	
N ₂	1,9080	Molzahlsumme ohne N ₂
	0,4011	
Σn	2,3091	Gesamtgemisch

5. Gesamtmasse

Die Gesamtmasse ΣM stellt die Summe der an der Reaktion beteiligten Stoffe in g/Verbrennungsgleichung dar.

$$\Sigma M = \text{Molgew.}_{(\text{Brennst.})} + \lambda \cdot n \cdot \text{Molgew.}_{(\text{Oxydator})}$$

(n = Mole Oxydator bei stöchiometr. Verbrennung)

Für unseren Fall:

$$M = 13,032 + 0,8 \cdot 1,004 \cdot 63,02 = 13,032 + 50,617$$

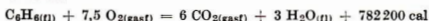
$$M = 63,649$$

6. Berechnung der Ausgangsenthalpie

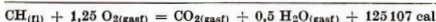
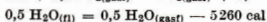
$$J_0 = H_{uc} - \lambda \cdot n \cdot J_{Ox} \quad H_{uc} = \text{unterer Heizwert auf 1 kg/Atom Kohlenstoff}$$

Umrechnung der Heizwerte

1. Benzol



Division der Gleichung durch 6 (C_6H_6) ergibt:



2. Toluol

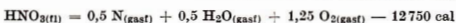


Berechnung erfolgt entsprechend der bei Benzol angegebenen.

Der Heizwert für das Brennstoffgemisch aus 90 % Benzol und 10 % Toluol bezogen auf ein kg Atom C beträgt:

$$H_{uc} = 0,9 \cdot 125\,107 + 0,1 \cdot 127\,594 = 112\,596,3 + 12\,759,4 = 138\,115,1 \text{ cal}$$

Von diesem Wert wird die Zersetzungswärme der Salpetersäure abgezogen:



Die Ausgangsenthalpie für das Treibstoffgemisch mit $\lambda = 0,80$ beträgt damit

$$J_0 = H_{uc} - \lambda \cdot n \cdot J_{Ox}$$

$$J_0 = 138\,115 - 0,8 \cdot 1,004 \cdot 12\,750 = 138\,115 - 10\,238$$

$$J_0 = 127\,877 \text{ cal/V. G.}$$

$$\text{bzw. } J_0 = \frac{127\,877}{63,589} \cdot 2010,992 \text{ kcal/kg} \quad \Sigma M = 63,589$$

7. Enthalpie der Feuergase

ohne Berücksichtigung von Dissoziationsvorgängen

Es werden die Wärmemengen ermittelt, die den undissoziierten Verbrennungsgasen zugeführt werden müssen, um sie von der Temperatur $T = 298^\circ\text{K}$ auf die vorgegebene Temperatur T (in unserem Falle 2000°K), die im Bereich der vermutlichen Verbrennungstemperatur liegt, zu erwärmen. Es gilt:

$$J'_T = \Sigma (n_i \cdot j_i) \quad n_i = \text{Mohlzal der Komponente } i, \quad j_i = \text{Enthalpie der Komponente } i$$

Die Werte sind dem Werk von Büchner⁴ entnommen.

$$J'_T = n_{CO_2} \cdot J_{CO_2} + n_{CO} \cdot J_{CO} + n_{H_2} \cdot J_{H_2} + n_{H_2O} \cdot J_{H_2O} + n_{N_2} \cdot J_{N_2}$$

$$J_{CO_2} = 21921 \text{ kcal/Mol} \quad J_{H_2O} = 17262 \text{ kcal/Mol}$$

$$J_{CO} = 81201 \text{ kcal/Mol} \quad J_{N_2} = 13427 \text{ kcal/Mol}$$

$$J_{H_2} = 70590 \text{ kcal/Mol}$$

$$\begin{aligned}
n_{\text{CO}_2} \cdot J_{\text{CO}_2} &= 0,6097 \cdot 21921 = 13365,2 \text{ kcal/Mol} \\
n_{\text{CO}} \cdot J_{\text{CO}} &= 0,3903 \cdot 81201 = 31692,8 \text{ kcal/Mol} \\
n_{\text{H}_2} \cdot J_{\text{H}_2} &= 0,0107 \cdot 70590 = 755,3 \text{ kcal/Mol} \\
n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot J_{\text{H}_2\text{O}} &= 0,8973 \cdot 17262 = 15489,2 \text{ kcal/Mol} \\
n_{\text{N}_2} \cdot J_{\text{N}_2} &= 0,4016 \cdot 13427 = 5392,3 \text{ kcal/Mol}
\end{aligned}$$

$$\Sigma n_i J_i = \Sigma J'_T = 66694,8 \text{ kcal/Mol}$$

$$\frac{\Sigma J'_T}{\text{Molgew.}} = \left[\frac{\text{kcal} \cdot \text{Mol}}{\text{Mol} \cdot \text{kg}} \right] = \frac{66694,8}{63,7} = 1047,01 \text{ kcal/kg}$$

$$J'_T = 1047,01 \text{ kcal/kg}$$

8. Berechnung der Brennkammertemperatur ohne Berücksichtigung der Dissoziation

Die Temperatur in der Brennkammer läßt sich nach der folgenden Formel berechnen:

$$J_{T,p} = J'_T + c_p (T - 2000) \Psi_{T,p}$$

$$J'_T = \text{Enthalpie der Feuergase ohne Berücksichtigung der Dissoziation (kcal/kg)}$$

$$T_1 = 2000^\circ\text{K} = \text{Gasaustritt bei } 2000^\circ\text{K} \text{ aus der Düse (angenommen)}$$

$$c_p = \text{spezifische Wärme (kcal/kg Grd)}$$

$$\Psi_{T,p} = \text{Druckkorrektur}$$

$$\Psi_{T,p} = \left(\frac{p}{p_1} \right)^v$$

T liegt über T_1

Die Gaszusammensetzung ist in Tabelle 1 angegeben.

In Tabelle sind die berechneten c_p -Werte für 2500°K , 2750°K und 3000°K zusammengestellt. Die Berechnung erfolgt nach P. G. Baer und Mitarbeiter⁵.

Tabelle 2:

	Molgew.	%	c_p bei 2500°K	c_p bei 2750°K	c_p bei 3000°K
CO_2	44,032	26,846	5,840	5,788	5,705
CO	28,032	10,941	3,043	3,199	3,358
H_2O	18,016	16,166	4,437	4,275	4,189
H_2	1,008	0,112	0,012	0,014	—
N_2	14,008	5,626	1,383	1,442	1,505
c_p	—	—	14,711	14,718	14,757 kcal/Mol. Grd.
c_p	—	—	0,231	0,230	0,2295 kcal/Mol. Grd.

für ein Molekulargewicht $M = 63,589$.

Der angenommene Brennkammerdruck beträgt 16 kg/cm^2 . Die Düse soll so gestaltet sein, daß eine Entspannung auf 1 kg/cm^2 eintritt. $v = 0,5$.

$$T, p = \left(\frac{16}{1}\right)^{0,5} = 3,66$$

$$J'_{T,p} = 1047,01 \text{ kcal/kg (siehe 6)}$$

$$\text{für } T = 2500^\circ\text{K}$$

$$J_{T,p,2500} = 1047,01 + 0,231 \cdot 500 \cdot 3,66 = 1469,75 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{für } T = 2750^\circ\text{K}$$

$$J_{T,p,2750} = 1047,01 + 0,230 \cdot 750 \cdot 3,66 = 1678,36 \text{ kcal/kg}$$

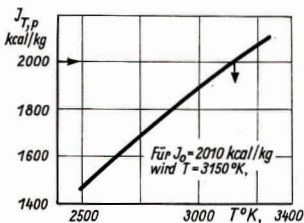
$$\text{für } T = 3000^\circ\text{K}$$

$$J_{T,p,3000} = 1047,01 + 0,2295 \cdot 1000 \cdot 3,66 = 1886,98 \text{ kcal/kg.}$$

$$\text{für } T = 3250^\circ\text{K}$$

$$J_{T,p,3250} = 1047,01 + 0,226 \cdot 1250 \cdot 3,66 = 2080,96 \text{ kcal/kg.}$$

Aus diesen Werten wird die Kurve der Abb. 1 gezeichnet und dann die in 6. berechnete Ausgangsenthalpie $J_0 = 2010,992 \text{ kcal/kg}$ eingezeichnet. Die Projektion auf die Temperatur-Koordinate ergibt die Temperatur in der Brennkammer ohne Berücksichtigung der Dissoziation. Sie beträgt in unserem Falle 3150°K .



9. Berücksichtigung der Dissoziation

Bei Gasen, die mit 2000°K aus einer Düse austreten, das war ja eine der von uns gestellten Bedingungen, tritt kaum Dissoziation ein, da bei dieser Temperatur das Wassergasgleichgewicht noch eingefroren ist. Dies dürfte u. a. besonders bei Festpulvertreibstoffen zutreffend sein.

Abb. 1

Literatur:

1. E. Böhner: Zur Thermodynamik von Verbrennungsvorgängen, Hamburg 1958, Seite 4, Tabelle 1. – 2. dto., Seite 5. – 3. dto., Seite 16. – 4. dto., Seite 8, Tabelle 2. – 5. P. G. Baer und Mitarbeiter: Kinetics, Equilibria London 1960, Seite 92, 98 und 100.

Bordelektronik für Apollo

MARTIN BORK

In diesem Beitrag soll nicht nur die elektronische Ausrüstung des eigentlichen Apollo-Raumschiffes behandelt werden, sondern auch die der Saturn-V-Trägerrakete. Der Beitrag gliedert sich in fünf Abschnitte: Die elektronischen Ausrüstungen der Saturn-V; des Command and Service Module; des Lunar Excursion Module; der Nachrichten- und Datenübertragungssysteme und der Stromversorgung des CSM und LEM.

Die Elektronik der Saturn V

Das Herz der elektronischen Bordanlagen der Saturn-V-Trägerrakete ist in einem 91 cm langen und 6,55 m im Durchmesser messenden zylindrischen Gehäuse, das sich als „Instrument Unit“ (IU) zwischen der Saturn-IVB-

Stufe und dem Apollo-Raumfahrzeug befindet, untergebracht. Diese Instrumenten-Einheit wurde vom IBM hergestellt. An der Herstellung der gesamten Einheit sind etwa 50 Unterauftragnehmer beteiligt gewesen. Die Gesamtmasse des aus 27 verschiedenen Instrumentenbaugruppen bestehenden Systems beträgt 1600 kg. Das Lenk- und Fluglage-Regelsystem ist das komplizierteste System in dieser Instrumenten-Einheit. Das Herzstück ist eine ST-124-M-Trägheitsplattform, eine stabile, raumgebundene Referenz. Mit ihr wird die Lenkung der Trägerrakete durchgeführt. Sie verfügt über einen Mechanismus, der in der Lage ist, die Trägerrakete auf eine im voraus bestimmte Flugbahn zu bringen. Das Gehirn des Trägheitssystems ist ein Digitalrechner, der alle Beschleunigungs- und Lagewerte, die von der Trägheitsplattform kommen, über einen Datenadapter erhält.

Die Hauptaufgaben des Digitalrechners lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Untersuchung des gesamten Führungssystems (von den Bodenstellen aus gesteuert beginnt er mit dieser Tätigkeit bereits einige Stunden vor dem Start).
2. Stufenweise Durchführung eines simulierten Einsatzes (damit wird das einwandfreie Funktionieren sämtlicher Saturn-Bordsysteme und deren Zusammenwirken überprüft).
3. Speicherung sämtlicher Navigations- und Führungsinformationen, die für den Flug benötigt werden.
4. Feststellung der Geschwindigkeit und des Standortes.
5. Bestimmung der Fluglage- und Flugrichtungsabweichungen.
6. Errechnung der Brennschluß- und Zündsignalezeitpunkte.
7. Eingeben der entsprechenden Steuersignale.
8. Automatische Überprüfung des Raumflugkörpers während der Zeit des Erdorbits.

Die Speicherkapazität dieses Digitalrechners beträgt 920000 bit. Falls es sich erforderlich machen sollte, daß für besondere Einsatzbedürfnisse eine noch größere Speicherkapazität verlangt wird, so können außer dem Hauptprogramm nach zwei weitere Speichereinheiten, ohne daß der Rechner vergrößert werden muß, eingegeben werden. Um die Funktionssicherheit wesentlich zu erhöhen, arbeiten ständig zwei Speicherstufen parallel zueinander. Wird von dem Kontrollsystem ein Fehler in einem der beiden Speicherstufen festgestellt, so wird automatisch auf die funktionierende Stufe umgeschaltet. Weiterhin verfügt der Rechner über ein System von 3fach-Logikkanälen, die ebenfalls parallel zueinander die gleichen Aufgaben bearbeiten. Die Resultate laufen, bevor sie weitergeleitet werden, über einen Prüfkreis, der die Signale nur weiter gibt, wenn mindestens zwei davon übereinstimmen, d. h. richtig sind.

Der Datenadapter bildet das Zwischenglied zwischen den diversen Systemen und dem Digitalrechner. Er hat die Aufgabe, die eingehenden Daten sowie die ausgehenden Befehle, da diese sowohl analoger, als auch digitaler Art sind, für den Digitalrechner „zuzubereiten“. Er muß die analogen Signale für den digital arbeitenden Rechner in Digitale umwandeln. Bevor die Befehle an die Steuersysteme weitergegeben werden, leitet der Datenadapter sie zunächst in einen Kontrollrechner. Durch das Zusammenarbeiten des Datenadapters und des Digitalrechners ist es möglich – wenn eines der Triebwerke fehlerhaft arbeitet oder gänzlich ausfällt –, die anderen Triebwerke so einzustellen, daß durch einen anderen Einstellwinkel und eine längere Brenndauer trotz dieses Fehlers der errechnete Brennschlußstandpunkt erreicht wird.

Alle drei Raketenstufen verfügen über ein „Emergency Detection System“ (EDS), das auf ein Kommando der Bodenstellen hin sofort die Triebwerke abstellt und ein Auslaufen des gesamten Treibstoffes durch Aufreißen der Behälter veranlaßt, sobald von diesem Sicherheitssystem ein entscheidender Notfall festgestellt wird. Sollte jedoch ein Fehler auftreten, der einen Abbruch des gesamten Unternehmens erforderlich macht, so kann das Sicherheitssystem auch unabhängig von der Bodenstelle den Abbruch des Starts auslösen.

Die Elektronik des „Command and Service Module“ (CSM)

Die Bordelektronik des Apollo-Raumschiffes läßt sich in zwei Hauptsysteme unterteilen; das Führungs- und Navigationssystem und das Stabilisierungs- und Steuersystem.

Das Führungs- und Navigationssystem setzt sich hauptsächlich aus folgenden Geräten zusammen: 1. Ein Elektronenrechner – 2. Eine Trägheitsplattform – 3. Ein Sextant – 4. Ein Teleskop – 5. Fünf „Coupling Display Unit“ (CDU)* – 6. Ein Darstellungs- und Eingabepult.

Das System arbeitet während des gesamten Apollo-Fluges selbständig und ohne Unterstützung von Bodenstationen. Die Bodenstationen übermitteln lediglich die von der Bahnverfolgungszentrale errechneten Daten, die von dem System gespeichert werden.

Der Elektronenrechner, ein Allzweckrechner, ist weitgehend aus integrierten Schaltungen aufgebaut. Für den Informationsaustausch zwischen Elektronenrechner und Astronauten steht ein Kombinationsgerät, das sogenannte „Display and Keyboard“ (DSKY), zur Verfügung. Dieses Gerät besitzt 16 Tasten und Elektrolumineszenzfelder für 21 Zeichen.

Außer den bisher genannten Aufgaben des Elektronenrechners hat er weiterhin den Astronauten alle erforderlichen Daten und Informationen für das Rendezvousmanöver zur Verfügung zu stellen. Für das Rendezvousmanöver hat die Apollo-Kapsel in der Nase ein Radargerät, das bereits Signale aussendet, wenn der Rendezvouspartner noch 350 km entfernt ist. Die reflektierten Signale werden wieder aufgenommen und dem Bordcomputer zugeleitet, der die Signale verarbeitet und die Astronauten mit genauen Steueranweisungen versorgt. Mit diesem Radargerät kann eine Annäherung bis auf 15 m erreicht werden. Die restliche Distanz wird visuell und manuell von den Astronauten überbrückt.

*) „Emergency Detection System“ (EDS) = Warnsystem – *) „Coupling Display Unit“ (CDU) = Koppel-Anzeigegerät

Für die Fluglageregelung besitzt das Apollo-Raumschiff eine stabilisierte Dreirahmen-Plattform, die mit drei integrierten Lagekreisen und drei integrierten Impuls-Pendelbeschleunigern ausgerüstet ist. Mittels eines Kreisell-Nivellierverfahrens wird die stabilisierte Dreirahmen-Plattform vor dem Start ausgerichtet. Während des Fluges erfolgt die Ausrichtung mittels der optischen Bordgeräte, dem Teleskop und dem Sextanten.

Wie schon bei der elektronischen Ausrüstung der Saturn-V, bilden die Plattform, das Teleskop und der Sextant ein analog arbeitendes System. Der Computer jedoch ist wiederum ein Digitalrechner. Um nun die analogen Signale für den digital arbeitenden Computer aufzubereiten, verfügt das Raumschiff über fünf „Coupling Display Unit“ (CDU), die die Funktion des Datenadapters übernehmen. Diese Koppel-Anzeigegeräte sind voll-elektronisch und arbeiten ohne mechanisch bewegte Teile.

Das Stabilisierungs- und Steuersystem ist das zweite große Gerät der elektronischen Bordausrüstung des Apollo-Raumschiffes. Es vermag bei einer Störung im Führungs- und Navigationssystem dessen Funktion mit zu übernehmen. Seine eigentliche Aufgabe besteht jedoch darin, die Überwachung und Regelung der Fluglage über die Steuertriebwerke und die Schubvektorregelung des Raketenmotors in der Gerätebaugruppe zu übernehmen.

Das Stabilisierungs- und Steuersystem läßt sich in drei Baugruppen unterteilen: 1. eine Wendekreisell-Baugruppe - 2. eine kombinierte Fluglagenkreisell-Beschleunigungsmesser-Baugruppe und 3. einen Fluglagenanzeiger.

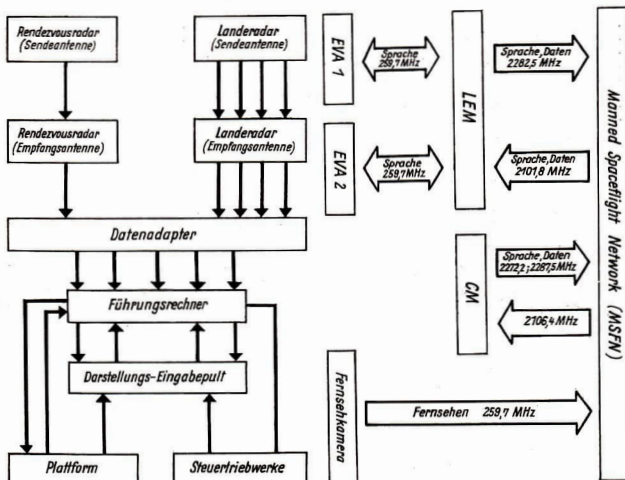
Diese Geräte können sowohl selbständig bzw. vollautomatisch, als auch durch die Astronauten vorprogrammiert arbeiten. Auch bei dieser hochkomplizierten Technik ist also Prinzip, daß der Mensch die Maschine und nicht die Maschine den Menschen beherrscht.

Die Elektronik des „Lunar Excursion Module“ (LEM)

Die Mondlandefähre verfügt wie die Apollo-Raumkapsel über ein Führungssystem. Die Gerätezusammensetzung sieht jedoch, dem Aufgabenspektrum entsprechend, etwas anders aus und besteht aus: einem Führungsrechner, einem dazugehörigen Darstellungs-Eingabepult, einem Teleskop, einer Rahmenplattform, fünf Coupling Display Unit (CDU) und einem Lande- sowie einem Rendezvousradar mit dazugehörigem Transponder.

Die Führungssysteme der Apollo-Kapsel und der Landeeinheit sind fast gleich aufgebaut. Der einzige Unterschied zwischen beiden Systemen besteht in der Art der Programmierung und die einzige Gerätebaugruppe, die sich von der des CM unterscheidet, ist das Landeradar. Das Landeradar übt eine Doppelfunktion aus; es arbeitet als Doppler-Geschwindigkeitsmesser und als Radar-Höhenmesser. Zu diesem Zweck werden von drei Sendern über eine Flachantennengruppe vier Strahlbündel ausgesandt; drei für die Geschwindigkeitsmessung und einer für

Abb. 1: Funktionsübersicht des Lande- und Rendezvousradars im LEM.



die Entfernungsbestimmung. Vier Empfangsantennen nehmen dann wiederum die von der Mondoberfläche reflektierten Strahlbündel auf und leiten zunächst die Signale dem Transponder zu, der dann diese Signale dem Führungsrechner zukommen läßt. Der Führungsrechner überprüft und korrigiert mit diesen gewonnenen Daten die bereits vorhandenen Plattformdaten. Außerdem werden diese Daten dem Darstellungssystem zugeführt, die den Astronauten eine manuelle Steuerung des LEM ermöglichen.

Das Aufgabenspektrum des Rendezvousradars ist etwas komplizierter und umfaßt: 1. Die Darstellung der Entfernung vom CM - 2. Die Bestimmung der Entfernungsänderung pro Zeiteinheit - 3. Die Darstellung des Winkels - 4. Die Bestimmung der Winkeländerung.

Funktionsmäßig ist das Rendezvousradar der Landeeinheit ein primäres System, das die Navigationsdaten zu ermitteln hat, damit der Apollo-Bordcomputer die Bahndaten für das eigentliche Rendezvousmanöver errechnen kann. Dabei arbeiten das Rendezvousradar und der Apollo-Transponder zusammen.

Sollte sich in dem eigentlichen Landeradar-System ein Funktionsfehler ergeben, so kann das Rendezvous-System zur Unterstützung oder als Ersatz dienen. Dieses Rendezvousradar läßt sich nur während der letzten Phase als Abstiegsradar benutzen. Es kann nur über kleinere Entfernungen als Primärradar eingesetzt werden.

Wie die Apollo-Kapsel, so verfügt auch das LEM über ein eigenes Stabilisierungs- und Steuersystem. Die Elektronik dieses Systems regelt den Betrieb der Abstiegs- und Aufstiegsstrahlwerke und der Steuertriebwerke.

Die Handsteuerung des LEM kann, wie schon erwähnt, neben der automatischen Steuerung vorgenommen werden. Dazu haben die Astronauten die entsprechenden Bedienungshebel zur Verfügung. Zur Orientierung für die Astronauten werden die Daten und Meßwerte der Trägheitsplattform, einer Wendekreisel-Baugruppe, und des Einsatzabbruchsystems auf dem Darstellungspult angezeigt. Muß der Landeeinsatz aus irgendeinem Grunde abgebrochen werden, so übernimmt das Einsatzabbruchsystem die Trägheitsnavigation und die Führungsfunktion. Dieses System verfügt zur Erhöhung der Funktionssicherheit über ein eigenes elektronisches Gerüstsystem. Es setzt sich aus einem Computer, einem Dateneingabe- und Datendarstellungsgerät und einer Sensor-Baugruppe zusammen. Der Computer ist für seine spezielle Aufgabe, als eventuelles Lebensrettungssystem für die Astronauten, entwickelt worden. Es handelt sich hierbei um einen Spezial-Digitalrechner mit einer besonders hohen Operationsgeschwindigkeit. Er ist in der Lage, direkt von den Astronauten Informationen und Daten entgegenzunehmen.

Die Elektronik des Nachrichten- und Datenübertragungssystems

Das System der Nachrichten- und Datenübertragung wurde absichtlich gesondert behandelt. Da sich die meisten Einrichtungen dieses Systems im CM und LEM überschneiden, käme man sonst zu keinem geordneten Bild.

Das System hat hauptsächlich folgende Aufgaben:

1. Herstellung einer Sprechfunkverbindung zwischen Astronauten und der Erde.
2. Übermittlung der anfallenden Daten vom Raumschiff zu den Bodenstationen.
3. Übermittlung von Peilsignalen zu den Bodenstationen.
4. Herstellung der Sprechfunkverbindung zwischen Apollo-Kapsel und Landeeinheit.
5. Aufnehmen von Sprechfunkverkehr und Daten auf Magnetband, während sich das CM im Funkschatten des Mondes befindet.
6. Übermittlung von Fernsehsendungen.
7. Herstellung einer Verbindung mit der Bergungsflotte nach der Landung der Apollo-Kapsel auf der Erde.

Die Nachrichtenverbindung und die Übermittlung von Daten wird im S-Bandbereich abgewickelt. Dieser Bereich erlaubt eine optimale Möglichkeit der Verstärkung im Raumschiff und auf der Erde. Die Übertragung erfolgt nach dem Prinzip des Richtfunks. Zur Übertragung aus dem CM wird, wie bereits erwähnt, eine Richtantenne, die aus einer Nioblegierung besteht, verwendet, die nach Kopplung mit dem LEM und Herausziehen des LEM aus der Saturn-IVB-Stufe von den Astronauten ausgerichtet wird. Danach erfolgt die Ausrichtung durch eine Automatik mit Hilfe eines Servosystems und eines Infrarotsuchers.

Die gesamte Nachrichtenübermittlung (Sprechfunk, Datenübermittlung und Fernsehen aus dem CM) werden über einen Vormodulator-Verarbeiter geleitet. Dieses 6,8 kg schwere und in Modul-Bauweise ausgelegte Gerät ist das Bindeglied zwischen den Bord-Sende-Empfangsgeräten und den anderen Geräten bzw. Systemen. Es nimmt auch alle von der Erde eintreffenden Signale auf und leitet sie an die einzelnen Systeme weiter. Der laufende Strombedarf für dieses Gerät beträgt durchschnittlich 10 W.

Zwei weitere Geräte, das Telemeter und das Datenübermittlungsgerät, die die Tonbandarbeiten übernehmen, sind ebenfalls in Modulbauweise ausgeführt. Das letztere Gerät ist so ausgelegt, daß es Analog- sowie Parallel- und Serien-Digital-Eingangswerte speichern kann. Die Eingangssignale können mit zwei Geschwindigkeiten abgetastet werden: 51000 bit/s während der wichtigsten Mondlandephase und 1600 bit/s während der normalen Einsatzperiode sowie in der Zeit, während sich das CM im Mondschaten befindet. Bei dem Magnetband handelt es sich um ein 25-mm-Mylarband, welches mit den Geschwindigkeiten 9,5, 37 und 305 cm/s abgespielt werden kann. Das Band verfügt über 14 Datenkanäle, wovon neun Analogwerte und fünf Digitalwerte aufnehmen. Taucht das CM wieder aus dem Funkschatten des Mondes auf, so wird das Band mit seiner Höchstgeschwindigkeit (305 cm/s) abgespielt und die aufgezeichneten Daten werden zur Erde gesendet.

Die Fernsehkamera, die bei dem Apollo-11-Einsatz 10 bis 15 m entfernt von der Landefähre aufgestellt wurde, ist auf dem Prinzip der mikroelektronischen Baugruppen aufgebaut. Die Übertragung der Fernsehbilder, die durch diese Kamera aufgenommen wurden, erfolgte über eine extra dafür installierte Richtantenne mit einer Frequenz von 259,7 MHz. Die Fernsehkamera hat eine Leistung von 20 W. Die mit einer besonderen Kontrasttechnik ausgerüstete Kamera besitzt 320 Zeilen und kann 10 Bilder pro Sekunde aufnehmen. Der Empfang der Fernsehbilder von Apollo 11 wurde von der Bodenstation in Australien übernommen. Dort wurden die Bilder

verstärkt und aufbereitet an das Unterhaltungsfernsehen der USA übermittelt und von dort über Fernsehsatelliten weiter verbreitet. Schwierig bei diesen Übertragungen war die Umstellung auf die einzelnen Zeilentechniken der Fernsehkanäle in den verschiedenen Ländern. So mußten die 320-Zeilen-Aufnahmen in 525-Zeilen-Systeme, die in den USA üblich sind, umgewandelt werden. Andere Ländern haben ebenfalls eigene Zeilensysteme.

Die Stromversorgung des Apollo-Raumschiffes und der Landeeinheit

Die Stromversorgung des CM und des LEM ist ein wichtiger Faktor im gesamten elektronischen System. Deshalb wurde die Dimensionierung des Stromversorgungssystems mit besonderer Großzügigkeit vorgenommen.

Die Saturn-V-Trägerrakete ist für die Stromversorgung mit Silber-Zink-Batterien ausgerüstet, die sich im IU zwischen der Saturn-IVB und dem Apollo-Komplex befinden. Diese Batterien sind in der Lage, die Instrumente der Trägerrakete, deren maximale Betriebsdauer 6,5 Stunden beträgt, ausreichend mit Strom zu versorgen.

Das LEM ist ebenfalls mit Silber-Zink-Batterien ausgerüstet. Die Batterieeinheiten sind in zwei Baugruppen unterteilt; der Abstiegsbaugruppe, zu der vier Batterien, und der Aufstiegsbaugruppe, zu der zwei Batterien gehören. Jede Batterie ist in der Lage 28 V Spannung und einen Strom von 400 Ah zu liefern. Das Batteriesystem ist so dimensioniert, daß bei Ausfall einer Batterie der Aufstiegsbaugruppe die Stromversorgung trotzdem noch garantiert ist. Fällt jedoch bei der Abstiegsbaugruppe eine Batterie aus, so müßte das Unternehmen abgebrochen, fallen zwei aus, abgebrochen werden.

Das CM selbst hat im gesamten Apollo-Saturn-Komplex den größten Stromverbrauch. Es ist mit drei Brennstoffbatterien ausgerüstet, die sich in der Gerätebaugruppe befinden. Jede einzelne Brennstoffbatterie besteht aus 31 in Serie geschalteten, scheibenförmigen Brennstoffzellen. Bei einer Spannung von $29 \pm 2V$ kann eine solche Brennstoffbatterie eine Leistung von 1,42 kW abgeben. Es steht der Elektronik des CM also eine Gesamtleistung von 4,26 kW zur Verfügung. Der maximale Normalverbrauch liegt bei 1,95 kW. Zwei Brennstoffbatterien würden also in der Lage sein, den gesamten Leistungsbedarf für das CM zu liefern. Sogar eine Batterie ist in der Lage, kurzzeitig eine Leistung von 2,2 kW zu liefern, so daß selbst diese eine Batterie notfalls einige Zeit die Stromversorgung übernehmen kann. Außer den Batterien die in der Gerätebaugruppe untergebracht sind, verfügt die Apollo-Kapsel über eine eigene Batterieanlage, die für die Zeit des höchsten Leistungsbedarfs und für die Stromversorgung während der Landung auf der Erde benutzt wird. Diese Einheit besteht aus einem System von drei Silber-Zink-Batterien. Sind diese Batterien in der Zeit des höchsten Leistungsbedarfs verbraucht worden, so können sie von den Brennstoffbatterien der Gerätegruppe wieder aufgeladen werden.

Das Apollo-Programm erscheint von seiten der Stromversorgung ausreichend abgesichert zu sein. Die Schwierigkeiten, die es bei dem Apollo-13-Unternehmen gegeben hat, zeigen deutlich, daß selbst bei Ausfall der Brennstoffbatterien eine Rückkehr zur Erde möglich ist. Das ist der großzügigen Dimensionierung der Batterie- und Brennstoffzellenbaugruppen zu verdanken.

Entwicklung der bemannten Raumfahrt der Sowjetunion

KARL-HEINZ NEUMANN

Mehr als 10 Jahre sind seit dem historischen 12. April 1961 vergangen, als der erste Kosmonaut Juri Gagarin das Zeitalter der bemannten Raumfahrt einleitete. Es erscheint deshalb angebracht, einmal eine zusammenfassende, verteilte Betrachtung über die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt anzustellen, wobei sich zwangsläufig auch Ausblicke in die Zukunft ergeben.

Die bisher von der Sowjetunion eingesetzten Fahrzeuge für den Menschenflug kann man in zwei Kategorien einteilen und zwar in die der ersten Generation (Wostok, Woßhod) und die der zweiten Generation (Sojus), die sich jetzt noch im Einsatz befinden.

Die Entwicklung der Raumschiffe der ersten Generation begann zum Zeitpunkt des Beginns der Raumfahrt überhaupt, also etwa im Jahre 1957. Diese Raumschiffe wurden bis zum Jahre 1965 in ihrer Grundkonfiguration eingesetzt.

Bei der konstruktiven Lösung wählten die sowjetischen Wissenschaftler ein System, welches bei größter Einfachheit höchstmögliche Sicherheit bietet. Das Raumschiff besteht aus zwei Hauptsektionen. Die eine ist der kugelförmige Landebehälter, in dem der Kosmonaut seinen Platz findet. Man könnte diesen kugelförmigen Landebehälter also auch Kommandokapsel nennen. Die zweite Sektion ist der Versorgungsteil. In ihm sind die Lebenserhaltungssysteme, die Energieanlagen, die funktionsfähigen Verbindungsanlagen sowie das Triebwerk mit Treibstoffvorrat für die Einleitung der Rückkehr untergebracht. An der Außenseite des Geräteteils befinden sich ferner Kaltgasdüsen für die aktive Lageänderung während des Fluges in der Umlaufbahn. Die Druckgasbehälter für dieses System sind ringförmig an der Außenfläche zwischen beiden Sektionen angebracht. In diesen kugelförmigen Behältern befindet sich auch der Hauptvorrat an Atemluft für den Kosmonauten.

Dieses Raumschiff ist während des Fluges in der Erdumlaufbahn nicht in der Lage, aktiv Bahnänderungen auszuführen. Der Begriff Steuerung, der im Zusammenhang mit Publikationen zur Zeit der Wostok-Flüge auftaucht, bezieht sich hier nur auf die aktive Änderung der räumlichen Lage des Raumschiffkörpers in seiner Erdumlaufbahn. Diese Lageänderung kann durch ein automatisches System erfolgen. Der Kosmonaut selbst hat aber hier die Möglichkeit, selbst aktiv regelnd einzugreifen. Das wurde früher als Handsteuerung bezeichnet.

Bei den Wostok-Flügen und zum Teil auch bei den Wołod-Flügen hatten die Kosmonauten im wesentlichen nur eine passive Rolle zu spielen. Das ist verständlich, da diese ersten Flüge neben anderen Aufgabenstellungen vor allem auch dazu dienen sollten, die Möglichkeiten der Aktivität des Menschen während eines Raumfluges zu untersuchen und medizinisch-biologische Erkenntnisse zu gewinnen. Die einzige aktive Bahnänderung während der Flüge dieser Raumschiffe bestand in der Einleitung der Rückkehr. Auch dieses System konnte voll-automatisch arbeiten. Als Orientierungspunkt für den Sensor des Raumschiffes wurde die Sonne benutzt, die als hellste Strahlungsquelle für den Sensor selbst unverwechselbar ist. Der oder die Sonnensensoren waren an der Außenseite der Gerätesektion angebracht. Sie gaben dem automatischen Lageregelungssystem entsprechende Kommandos, die dafür sorgten, daß das starr eingebaute Triebwerk genau entgegen der Flugrichtung wies. Erst wenn diese Lage erreicht war und die Programmzeitanlage den richtigen Zeitpunkt anzeigte, erfolgte die automatische Zündung des Brennstriebwerkes. Wollte man in einem bestimmten vorgegebenen Gebiet landen, mußte das Triebwerk jeweils etwa über dem afrikanischen Kontinent gezündet werden. Da sich nicht alle Gebiete des Territoriums der Sowjetunion für die Landung eines Raumschiffes eignen, ergab sich bezüglich des Startzeitpunktes eine recht enge zeitliche Begrenzung, denn beim Landeumlauf mußte sich die Sonne für die Orientierung von Afrika aus gesehen genau in Flugrichtung befinden.

Auch in der Innenausstattung des Raumschiffes waren die sowjetischen Konstrukteure darum bemüht, den Kosmonauten möglichst wenig durch das Ablesen von Meßinstrumenten und Arbeiten am Bedienpult zu belasten. Auf der Volkswirtschaftsausstellung in Moskau wurden vor einigen Jahren eine Reihe von Varianten des Schaltpultes für die Wostok-Raumschiffe nebeneinander gezeigt. Die ersten Konstruktionsmuster enthielten noch einige 'zig Ablesinstrumente bzw. Bedienungselemente. Es wurde darauf hingewiesen, daß kontinuierlich daran gearbeitet würde, diese auf ein Minimum zu reduzieren. Dieses Minimum war schließlich beim endgültig eingesetzten Bedienpult erreicht worden.

Eines der Hauptelemente dieses Instrumentenbrettes war der Instrumentenglobus. Auf ihm wurde jeweils angezeigt, über welchem Punkt der Erdoberfläche sich das Raumschiff gerade befand. Ein zweiter roter Punkt zeigte die Stelle auf der Erdoberfläche, an der es landen würde, wenn zu diesem Zeitpunkt das Brennstriebwerk gezündet würde. Eine Uhr informierte über die seit dem Start vergangene Zeit, eine zweite zeigte die Moskauer Zeit an. Ein weiteres Meßinstrument informierte den Kosmonauten über die Kabinentemperatur und ein letztes über die Luftfeuchtigkeit. Die beiden letztgenannten Größen konnte nämlich der Kosmonaut je nach Wunsch durch Einstellknöpfe verändern. Dazu diente ein Bedienpult, welches links von ihm angebracht war. Hierbei konnten auch wahlweise irdische Rundfunksender eingestellt werden und die Bedienknöpfe für die Sprechfunkverbindung waren hier ebenfalls untergebracht. Zur aktiven Lageregelung diente ein knaufartiger Steuerknüppel, der am Sitz angebracht war und vom Kosmonauten in liegender Stellung benutzt werden konnte. Nahrungsmittel und Wasserbehälter konnte der Kosmonaut gleichfalls in liegender Stellung bequem erreichen. Das Bullauge vor ihm enthielt außerdem ein optisches Visier- und Peilsystem. Die sowjetischen Konstrukteure hatten also eine optimale Lösung gefunden, wobei für den Kosmonauten die geringsten Anstrengungen notwendig waren.

Nach der Einleitung der Rückkehr und dem Eindringen in dichtere Atmosphärenschichten (nach Absperrung des Gerätesektors) orientierte sich die Landekugel dadurch, daß der Schwerpunkt dieser Kugel sich unterhalb des Sitzes des Kosmonauten befand, von selbst in die richtige räumliche Lage. Damit flog der verstärkte Hitzeschild voran, und die negative Beschleunigung wirkte in Richtung Brust-Rücken des Kosmonauten. Außer Valentina Terechkowa landeten alle Kosmonauten nicht mit ihrer Raumschiffkugel, sondern katapultierten sich heraus und erreichten die Erde mit einem eigenen Fallschirm.

Die Erprobung dieses Raumschiffstyps begann am 15. Mai 1960 mit Raumschiff 1. Innerhalb der Kommandokabine dieses unbemannten Wostok-Raumschiffes befand sich eine Anlage, die die Lebensfunktionen eines Menschen imitierte. Am 19. Mai 1960 sollte dieses Raumschiff bzw. die Landekabine zur Erde zurückgeführt werden. Der Sonnensensor gab nicht die gewünschten Informationen, so daß die exakte Ausrichtung des Brennstriebwerkes nicht erfolgte. Es gelangte deshalb auf eine höher liegende Flugbahn. Beim zweiten Experimentalstart eines Wostok-Raumschiffes, welcher am 19. August 1960 erfolgte, verliefen alle Experimente exakt nach Plan. An Bord befanden sich zwei Hunde und zahlreiche andere Versuchstiere. Am 20. August, nach 16 Erdumkreisungen, landete die Kommandokabine mit den wohlbehaltenen Versuchstieren wieder auf der Erde. Das dritte Experiment, welches am 1. Dezember 1960 begann, verlief anfänglich normal. Nach der Einleitung der Rückkehr gelangte jedoch die Kommandokabine auf eine Flugbahn, die beim Wiedereintauchen eine zu starke Belastung des Hitzeschildes mit sich brachte. Die Landekugel verglühte am 2. Dezember 1960. Das vierte unbemannte Experiment mit Raumschiff 4 erfolgte am 9. März 1961. An Bord befand sich ein Hund sowie eine Kosmonauten-Puppe (scherzhaft „Iwanow 1“ genannt). Nach einer Erdumrundung landete diese Kommandokabine programmgemäß. Voll programmgemäß verlief auch das fünfte Experiment mit einem unbemannten Raumschiff am 25. März 1961. Auch hier war wiederum ein Hund sowie „Iwanow 2“ an Bord.

Danach konnten es die sowjetischen Wissenschaftler wagen, Juri Gagarin zu einer ersten Erdumkreisung mit diesem Raumschiffstyp auf die Reise zu schicken. Noch im gleichen Jahre, vom 6. bis zum 7. August, führte German Titow mit Raumschiff Wostok 2 den zweiten bemannten Raumflug durch. Nach 16 Erdumkreisungen landete er wohlbehalten.

Eine neue Qualitätsstufe im Programm brachte das Jahr 1962. Wostok 3 mit Nikolajew und Wostok 4 mit Popowitsch führten vom 12. bis 15. August einen ersten Gruppenflug aus. Wie oben angedeutet, hatten die Wostok-Raumschiffe keine Möglichkeiten der aktiven Bahnänderung. Die Tatsache, daß sich beide Raumschiffe (kurz

nach dem Start des zweiten Raumschiffes) bis auf 6,5 km näherten, zeugt von der Leistungsfähigkeit der Steuerungssysteme der damals verwendeten Trägerraketen. Die Kosmonauten konnten sich gegenseitig als Sternpunkte ausmachen und standen in ständiger aktiver Funkverbindung bei diesem vier bzw. drei Tage dauernden Gruppenflug. Ein ähnliches Unternehmen erfolgte 1963. In Wostok 5 führte Valeri Bykowskij den für die damalige Zeit längsten Raumflug aus. Er erstreckte sich über fünf Tage. In dem zwei Tage später gestarteten Raumschiff Wostok 6 befand sich die erste Kosmonautin der Welt, Valentina Tereschkova, die ebenfalls einen drei Tage dauernden Gruppenflug mit Bykowskij ausführte. Auch hier hatten sich beide Raumschiffe sogar bis auf 5 km angenähert.

In zahlreichen westlichen Publikationen werden die Raumschiffe vom Typ Wołod 6 als ein grundsätzlich neuer Typ bezeichnet. Von sowjetischer Seite sind bisher noch keine Bilder über das Aussehen eines Wołod-Raumschiffes veröffentlicht worden. Es gibt zahlreiche Spekulationen über den Aufbau dieses Raumschiffstyps. Die Masse der Wołod-Raumschiffe übersteigt die der Wostok-Raumschiffe (bei Wołod 2 nur um eine Tonne) nicht wesentlich. Ausgehend von den Informationen über die Landung von Wołod 2 (hier versagte der Sonnensensor bei der 17. Erdumkreisung, weshalb der Kommandant mit „Handsteuerung“ das Raumschiff zur Erde zurückführte und dabei seinen eigentlichen Landeort weit überflogen hatte), ist zu vermuten, daß es sich bei den Wołod-Raumschiffen nur um veränderte und verbesserte Versionen der Wostok-Raumschiffe handelt. Die veröffentlichten Bilder, die die drei Kosmonauten von Wołod 1 nebeneinander in ihrer Kabine (ohne Raumanzug) und die von Wołod 2 zeigen, lassen vermuten, daß es sich hier ebenfalls um die bereits bewährte kugelförmige Landekabine handelt. Die Dimensionen der Wostok-Kugelkabine würden es bei anderer Gestaltung des Innenraumes gestatten, daß entweder drei Kosmonauten ohne Raumanzug oder zwei Kosmonauten mit Raumanzug nebeneinander Platz finden. Von der Ausstiegsfluchtsecke bei dem Unternehmen Wołod 2 ist bekannt, daß diese etwas übermannshohe Schleuse flexible Wandung hatte, so daß sie im zusammengefalteten Zustand außen über einer Luke an der Kugelkabine angebracht sein könnte.

Auch dem Unternehmen Wołod 1, bei dem die drei Kosmonauten Komarow, Feoktistow und Jegorow vom 12. bis 13. Oktober die Erde umkreisten, ist ein unbemanntes Experiment vorausgegangen. Es handelt sich dabei um Kosmos 47, der vom 6. bis zum 7. Oktober die Erde umkreiste, und dessen Kommandokabine danach automatisch gelandet wurde. Das gleiche gilt für das Unternehmen Wołod 2, welches vom 18. bis zum 19. März 1965 stattfand. Der Kosmonaut Leonow war damals der erste Mensch, der durch die schon erwähnte Luftscheule sein Raumschiff verließ und erste Experimente für die Außenbortätigkeit des Menschen im kosmischen Raum ausführte. Der unbemannte Vorläufersatellit war hier Kosmos 57 vom 22. Februar 1965.

Die Entwicklung eines grundsätzlich neuen Raumflugkörpertyps für bemannte Unternehmen war Ende 1966 abgeschlossen. Dieser Typ der zweiten Generation besaß gegenüber dem ersten Typ eine ganze Reihe neuerartiger Qualitätsmerkmale. Bei der Auslegung dieses Typs waren die sowjetischen Wissenschaftler von der Voraussetzung ausgegangen, daß er den Standardtyp für einen relativ langen Zeitraum – zumindest für eine Dekade – bilden müsse. Bereits zu diesem Zeitpunkt war man sich darüber klar, daß das Hauptziel Anfang der sechziger Jahre in dem Aufbau einer bemannten Raumstation bestehen muß. Vorausschaubar war bereits, daß bemannte Stationen, in der Besatzungen von Wissenschaftlern für einen Zeitraum über Wochen und Monate arbeiten, den größten erkennbaren volkswirtschaftlichen Nutzen bringen können und daß damit die aufgewendeten Kosten für die Raumfahrtentwicklung sich in einem sehr kurzen Zeitraum amortisieren. Wie heute erkennbar wird, ist der Sojus-Typ für die nächste Zeit das Versorgungsfahrzeug für eine Raumstation. Dabei ist die Orbitalsektion eines Sojus-Raumschiffes sozusagen ein Baustein, mit dem die Dimensionen des Zentralkörpers allmählich erweitert werden können.

Folgende Gründe gibt es für den Einsatz von Sojus-Raumschiffen als Versorgungsfahrzeuge. Das Sojus-Raumschiff ist in der Erdumlaufbahn voll manövrierfähig; es kann Bahnänderungen bis in einen Höhenbereich von 1500 km ausführen. (Die Höhenangabe demonstriert nur die Leistungskapazität des Bahnänderungstriebwerkes.) Diese Bahnänderungen können durch automatische Systeme, deren Orientierungssensoren um ein Vielfaches empfindlicher und genauer sind als die der Wostok-Raumschiffe (auch einzelne Sterne können als Fixpunkte benutzt werden) ausgeführt werden. Bodenstationen können aktiv eingreifen und Bahnänderungen vornehmen. Die Kosmonauten selbst besitzen die Möglichkeit, voll aktiv in den Flugablauf einzugreifen und notwendige Bahnänderungen zu vollziehen. Sie können dabei einen bordeigenen Computer benutzen, der sein Programm sowohl von Bodenstationen als auch von den Kosmonauten selbst erhalten kann.

Ferner besitzen die Sojus-Raumschiffe die Möglichkeit, mit anderen Raumflugkörpern in der Erdumlaufbahn zu koppeln. Alle diese kurz angedeuteten neuen Qualitätsmerkmale (dazu zählt auch die Energieversorgung über Solarzellenflächen) prädestinieren für die genannte Aufgabenstellung. Ein weiterer wesentlicher Fakt sei noch kurz erwähnt. Der Landebühler, hier auch Kommandokabine genannt, besitzt glockenförmige Gestalt. Durch Antriebssysteme ist eine Veränderung des Anstellwinkels bei der aerodynamischen Abbremsung möglich. Dadurch kann man erreichen, daß die negative Beschleunigung bei der Rückkehr zur Erde relativ niedrige Werte aufweist, so daß die körperlichen Belastungen der Kosmonauten bzw. der künftigen Wissenschaftler, die von Raumstationen zurückkehren, 2 bis 4 g nicht überschreiten. Die Landung kann außerdem extrem weich erfolgen, da unterhalb des Hitzeschildes, welcher beim Abstieg am Fallschirm abgeworfen wird, sich Bremsstrahlwerke befinden, die ein äußerst sanftes Auftreffen auf der Erdoberfläche ermöglichen.

Das erste Flugexperiment mit einem unbemannten Sojus-Raumschiff erfolgte in der Zeit zwischen dem 28. und 30. November 1966. Es lief unter der Bezeichnung Kosmos 133. Der zweite Start eines unbemannten Sojus-Raumschiffes erfolgte am 7. Februar 1967. Kosmos 140 (so die Projektbezeichnung) landete am 9. Februar 1967. Kosmos 146, ein weiteres unbemanntes Sojus-Raumschiff, umflog vom 10. bis 11. März 1967 die Erde; es landete wohlbehalten. Vor dem ersten bemannten Flug eines Sojus-Raumschiffes flog noch einmal Kosmos 154 in der Zeit vom 8. bis 10. April 1967 um unsere Erde und landete programmgemäß.

Am 23. April startete der Kosmonaut Wladimir Komarow mit dem ersten bemannten Raumschiff dieser Serie, welches die Bezeichnung Sojus 1 erhielt. Komarow war einer der erfahrensten sowjetischen Kosmonauten. Der gesamte für 24 Stunden vorgesehene Flug verlief planmäßig. Auch die aerodynamische Abbremsung gelang. Bei

dem Auswerfen des Fallschirmsystems verdrallten sich die Leinen, so daß es zu dem tragischen Absturz der Kommandokabine kam, bei dem Komarov sein Leben lassen mußte. Noch im gleichen Jahr, am 27. bzw. 30. Oktober, starteten zwei weitere unbemannte Sojus-Raumschiffe mit der Bezeichnung Kosmos 186 und 188. Beide wurden durch automatische Systeme einander angenähert und führten die erste Kopplung von zwei unbemannten Raumflugkörpern durch. Das gleiche Experiment wurde 1968 mit den am 14. und 15. April gestarteten Satelliten Kosmos 212 und 213 wiederholt. Die Kommandokabine der unbemannten Sojus-Raumschiffe landeten wie ihre Vorgänger programmäßig nach Abschluß des Experiments (am 19. und am 20. April) auf der Erde. Vor dem nächsten bemannten Unternehmen wurde nochmals ein unbemanntes Raumschiff der Sojus-Serie mit der Bezeichnung 238 auf eine Erdumlaufbahn gebracht, welches am 28. August seine Bahn erreichte und dessen Kommandokabine am 1. September wie vorgesehen landete.

Ende Oktober folgte dann mit Sojus 2 und Sojus 3 das nächste Unternehmen unter der Beteiligung eines Kosmonauten. Sojus 2 (gestartet am 25. 10. und gelandet am 28. 10.) war unbemannt. Es war der Zielsatellit für Kosmonaut Beregowoi mit seinem Raumschiff Sojus 3. Hier erfolgten verschiedenartige Experimente der Annäherung. Zunächst wurde die sogenannte „Express-Methode“ erprobt. (Bereits ausgeführt bei den Kopplungen der Kosmos-Satelliten.) Der Start von Sojus 3 war so festgelegt, daß bereits beim Erreichen der Erdumlaufbahn nur ein geringer Abstand zwischen Sojus 3 und dem Zielsatelliten bestand. Beregowoi näherte sich mit seinem Raumschiff Sojus 3 seinem Ziel bis auf wenige Meter und entfernte sich nach Erfüllung des Auftrags wieder von Sojus 2.

Im weiteren Verlauf des Unternehmens erfolgten Experimente der sogenannten „langsamen Annäherung“. Aus einem Abstand von mehreren 1000 km wurde das automatische Annäherungssystem eingeschaltet. Dieses sorgte durch Bahnänderungen des aktiven Satelliten (Sojus 3) dafür, daß er sich seinem Ziel bis auf etwa 200 Meter näherte. Als dieses Ziel in Sichtweite war, übernahm Beregowoi mit Hilfe der Handsteuerung (in diesem Fall aber aktive Bahnänderung) die weitere Annäherung wiederum bis auf wenige Meter. Bei diesem Unternehmen wurde also das System der automatischen Annäherung und das der Handsteuerung unter Raumflugbedingungen mehrfach getestet. Dieses Unternehmen bildete die Grundlage für den großartigen Januar-Erfolg des Jahres 1969.

Am 14. Januar 1969 startete Kosmonaut Schatalow mit Sojus 4. Das mit den drei Kosmonauten Wolynow, Jelisseej und Chrunow besetzte Raumschiff Sojus 5 erreichte einen Tag später seine Umlaufbahn. Als aktiver Partner näherte sich Schatalow mit Sojus 4 dem Raumschiff Sojus 5, und führte schließlich eine Kopplung durch. Während etwas mehr als zwei Erdumläufen blieben beide Raumschiffe gekoppelt. Die Kosmonauten Jelisseej und Chrunow verließen unter Benutzung der Orbitalsektion als Luftschleuse ihr Raumschiff und begaben sich nach der Ausführung einer ganzen Reihe von experimentellen Arbeiten außerhalb der beiden gekoppelten Raumschiffe durch die Orbitalsektion von Sojus 4 in das Schwestserschiff. Sie landeten, zusammen mit Schatalow, in der Kommandokabine von Sojus 4.

Das zweite bedeutende Unternehmen des Jahres 1969 war der Dreifach-Gruppenflug von Sojus 6, 7 und 8. Die bewährten Kosmonauten Schatalow und Jelisseej waren in Sojus 8 auch bei diesem Unternehmen wieder dabei. Der Gruppenflug dieser drei Raumschiffe ist – von seiner Qualität her – nicht mit dem der eingangs erwähnten Gruppenflüge der Wostok-Raumschiffe zu vergleichen. Jedes der drei Raumschiffe war in der Lage, aktive Lageänderungen auszuführen. Es erfolgten mehrmalige Annäherungen von je zwei der Sojus-Raumschiffe, wobei das jeweils dritte die Rolle des Beobachters übernahm. Bezüglich der „Steuerbarkeit“ wurden alle drei Raumschiffe sozusagen auf „Herz und Nieren“ geprüft. Es sei nur noch darauf hingewiesen, daß Bordingenieur Kubassow vom Raumschiff Sojus 6 in der Orbitalsektion unter Vakuumbedingungen drei verschiedenartige Schweißexperimente ausgeführt hat.

Das Jahr 1970 war durch den Dauerrekordflug von Sojus 9 charakterisiert. 18 Tage lang umkreisten Andrian Nikolajew und Witali Sewastjanow mit diesem Raumschiff die Erde. Die Hauptziele bestanden in einem Langzeittest der Besatzung (medizinisch-biologisch) und des Raumschiffsystems (Funktionstüchtigkeit). Diese Bewährungsprobe hat die Besatzung des Raumschiffes voll bestanden. Auch wenn es bei der Wiederanpassung an die irdische Schwerkraft für beide Kosmonauten in den ersten Tagen nach der Landung Schwierigkeiten gegeben hat, so hat doch die sowjetische Wissenschaft Erkenntnisse von unschätzbarem Nutzen gewonnen. Um diese Erkenntnisse noch zu erhärten, startete die Sowjetunion mit Kosmos 368 ein weiteres unbemanntes Sojus-Raumschiff, bei dem zahlreiche Klein- und Kleinstlebewesen innerhalb der Kabine für 6 Tage lang den Raumflugbedingungen ausgesetzt wurden.

Im Frühjahr 1971 gingen die notwendigen Experimente für den Aufbau einer ersten Raumstation weiter. Am 19. April startete die Sowjetunion die wissenschaftliche Orbitalstation Salut. Aus den optischen Beobachtungen ging hervor, daß diese Station wesentlich größere Dimensionen haben mußte als ein Sojus-Raumschiff. Es deutete alles darauf hin, daß Raumflugkörper vom Typ Salut den Grundstock künftiger sowjetischer Raumstationen bilden werden.

Der erste Ablauf des Experiments zeigte, daß es hierbei um die Untersuchung zweier wesentlicher Faktoren ging. Am 23. April 1971 wurde das Raumschiff Sojus 10 gestartet. An Bord befanden sich die Kosmonauten Schatalow, Jelisseej und Rukawischnikow. Sie führten mehrere Annäherungsmanöver an die Raumstation Salut aus. Am 24. 4. koppelten sie das Raumschiff Sojus 10 an die Station Salut an. 5½ Stunden blieben sie mit der Station gekoppelt. Dabei wurden die Bordsysteme beider Raumflugkörper in ihrem Zusammenwirken geprüft. Nach weiteren gemeinsamen Manövern landete Sojus 10 am 25. April 1971 wieder auf dem Territorium der Sowjetunion.

Die Orbitalstation setzte ihren Flug weiter fort. Dabei wurden zahlreiche Bahnänderungen ausgeführt, um zu garantieren, daß diese Raumstation auch für längere Zeit in einer erdnahen Umlaufbahn verbleibt. Während der nun folgenden Zeit wurden die Bordsysteme der Station Salut ständig überprüft. Es ging hier also u. a. um einen Langzeittest dieser Systeme unter den Bedingungen des Raumfluges. Salut 1 und Sojus 10 waren ein weiteres wesentliches Experiment für den Bau einer Orbitalstation.

Fortsetzung folgt.

sich die Oberfläche am Tage schnell. Nach Sonnenuntergang kühlt sie rasch ab, sogar stärker als die Atmosphäre, so daß eine Inversionsschicht entsteht. Noch stärkere Temperaturgefälle ergeben sich an der Marsoberfläche durch die jahreszeitlichen Veränderungen. Der Temperaturunterschied zwischen der Sommer- und der Winterhalbkugel kann 100 bis 120 Grad betragen.

Die ungleichmäßige Erwärmung der Oberfläche und der Atmosphäre des Planeten ruft Druckgefälle, Zirkulations- und Windbewegungen hervor. Da die jahreszeitlichen und die täglichen Temperaturunterschiede auf dem Mars größer sind als auf der Erde, kann man auch auf größere Windgeschwindigkeiten schließen. Nach theoretischen Schätzungen verändern sie sich im Laufe des Jahres erheblich und können 60 bis 80 Meter in der Sekunde erreichen. Infolge des zusätzlichen Einflusses der Marstopographie ist es möglich, daß in einigen Gebieten noch stärkere Winde wehen.

Wie Radar- und später optische Messungen im nächsten infraroten Spektralbereich ergeben haben, hat der Mars ein sehr kompliziertes Relief. In der Äquatorialzone betragen die Höhenunterschiede 12 bis 14 Kilometer.

Auf den Fernsehbildern sieht der Mars etwa ebenso aus wie die Mondoberfläche. Deutlich zu unterscheiden sind sehr viele Krater; auf dem ganzen Planeten müssen es 10000 bis 12000 sein. Ihre Größe schwankt zwischen einigen wenigen und 400 Kilometern. In der Beschaffenheit der Terrassen und der Ränder erinnern sie sehr stark an die Mondkrater. Wenn man von der Erosion der Ränder ausgeht, kann man annehmen, daß das Alter der meisten Krater Milliarden Jahre beträgt. Oft findet man jedoch „junge“ Krater, die schätzungsweise nicht älter sind als einige Dutzend Millionen Jahre.

Wie weit kann man jedoch bei solch einer Analogie gehen? Auf dem Mars gibt es das große Gebiet Helas mit einem Durchmesser von rund 1000 Kilometern, das im Laufe eines Marstages seine Helligkeit erheblich verändert.

Zum Unterschied von den umliegenden Gebieten gibt es dort überhaupt keine Krater. Vielleicht sind sie mit Staub bedeckt, der vom Wind („Staubstürme“) aufgewirbelt wird, wobei die Helligkeitsunterschiede entstehen. Schon die Existenz dieser anomalen Gebilde läßt heute nicht mehr die Schlußfolgerung zu, der Mars sei dem Mond ähnlich. Die meteorologischen Vorgänge in der Atmosphäre, die glättende Wirkung der Atmosphäre auf die Reliefgestaltung, die jahreszeitlichen Veränderungen und andere Besonderheiten machen diesen Planeten der Erde verwandt.

Die spezifische rotbraune Farbe der „Festländer“ des Planeten ähnelt sehr der Färbung der irdischen Wüsten. In ihrer chemischen Zusammensetzung sind die Stoffe, die zu der charakteristischen Farbe der Wüsten führen, Eisenhydroxyde (Limonit, Brauneisenstein). Vor einigen Dutzend Jahren wurde die Vermutung geäußert, die Marsrinde bestünde hauptsächlich aus diesem Stoff. Das muß natürlich noch durch Experimente erhärtet werden. Jedenfalls kann man sich die Marslandschaft als eine an Kratern reiche, wasserlose Wüste denken. Beobachtungen im infraroten Spektralbereich und im Funkwellenbereich beweisen, daß die Oberflächenschicht aus feindispersen Material besteht.

Im Lichte der neuen Erkenntnisse über die Beschaffenheit der Marsoberfläche wird die Frage nach der Natur der dunklen und der hellen Gebiete – der „Festländer“ und der „Meere“ besonders akut. Was bewirkt ihren Kontrast – die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Oberfläche, in den Größen der Teilchen oder die relativen Höhenunterschiede? Letztgenannte sind allerdings wenig wahrscheinlich, denn die Versuche, das Radarprofil des Mars mit den sichtbaren Teilen der Oberfläche zu vergleichen, haben noch nicht zum Erfolg geführt. Das gestattet es übrigens nicht, die Ergebnisse der Radarsondierung des Äquatorialgebietes auf die gesamte Oberfläche des Planeten zu übertragen. In gewisser Weise erinnern die Fernsehbilder von einzelnen Gebieten des Mars an den Meeresboden. Da auf der Erde derartige Strukturen als Ergebnis intensiver tektonischer Prozesse entstanden sind, könnte man schlußfolgern, daß auch der Mars in geologischer Hinsicht aktiv sei. Detaillierte Karten von der Marsoberfläche, die Erforschung der Wärme- und der Farbanomalien und seismische Beobachtungen würden eine genauere Antwort auf diese Fragen ermöglichen.

Temperaturmessungen auf dem Mars ergaben, daß es in den Äquatorialgebieten um 200 bis 130 Grad wärmer ist als in den Polargebieten. Die Temperatur der südlichen Polkappe beträgt nach Radarmessungen etwa -125 Grad Celsius. Ausgehend von den für den Mars charakteristischen Werten der Temperatur und des atmosphärischen Drucks kann man annehmen, daß das Kohlendioxid an der Oberfläche einen festen Zustand aufweist. Offenbar bestehen die Polargebiete auf dem Mars aus festem Kohlendioxid („Trockeneis“), möglicherweise mit kleinen Beimischungen von gewöhnlichem Eis; ihre Stärke wird einige Meter betragen. Diese Schlußfolgerung hängt in ihrer Aussage jedoch davon ab, wie genau die Temperatur gemessen worden ist. Wäre zum Beispiel die Temperatur im Gebiet der Polkappe um einige Dutzend Grad höher, müßte diese eher vollkommen aus gewöhnlichem Eis bestehen, wenn sich das auch mit den Angaben über den insgesamt äußerst niedrigen Wassergehalt auf dem Planeten schwer vereinbaren läßt.

Die Fernsehbilder vom Mars lassen keine linearen oder rechtwinkligen Gebilde erkennen, die als „Kanäle“ bezeichnet werden könnten. Die einfachste Erklärung für die „Kanäle“ ist, daß bei der Beobachtung von der Erde aus die vielen über den Mars verstreuten Krater mit dem dunklen Kraterboden, den Bergrücken und den einzelnen Flecken unterschiedlicher Größe und Kontraste an der Grenze der Beobachtungsmöglichkeit von der Erde aus als regelmäßige, lineare Strukturen wahrgenommen werden.

Sehr interessant ist die Frage, die nicht nur die Wissenschaftler bewegt: Existiert Leben auf dem Mars? Wobei darunter heute nur einfachste lebende Formen verstanden werden. Leider erlauben die Ergebnisse der Experimente noch keine Antwort auf diese Frage. Gleichzeitig wurden schon bestimmte Zweifel geäußert. So ist im Polgebiet eine intensive ultraviolette Strahlung registriert worden, die von der Marsoberfläche reflektiert wird. Schon die Tatsache, daß die ultraviolette Strahlung bis zur Oberfläche vordringt, bedeutet, daß lebende Organismen schädlich beeinflußt würden, jedenfalls den irdischen analoge. Das würde ihre Existenz ausschließen. Natürlich schließt das lebende Material in der Oberflächenschicht oder eine mögliche Anpassung an diese Bedingungen nicht aus. Man könnte sich zum Beispiel lebensfähige Organismen denken, die dem Marsgestein gebundenes Wasser entnehmen und bei der Photosynthese Ultraviolett verwenden, oder andere biologisch kompliziertere Modelle.

In der Gruppe der Planeten vom Typ der Erde nimmt diese eine Zwischenstellung ein. Die Venus liegt näher zur Sonne, der Mars ist weiter von ihr entfernt. Beide sind Planeten, die in einer ganzen Reihe von Merkmalen vor allem „äuerlich“, im groben und ganzen der Erde ähneln. Außerdem gibt es eine weitere wichtige Ähnlichkeit. Ihre Atmosphäre besteht aus den im All am häufigsten auftretenden Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff. Aus der Tatsache, daß die Substanz dieser Planeten in ihrer Dichte sehr ähnlich ist, ergibt sich, daß auch sie mit großer Wahrscheinlichkeit aus den im All sehr verbreiteten Elementen bestehen: Magnesium, Silizium, Eisen, Kalzium, Aluminium, Schwefel und ihren Oxiden. Zugleich unterscheiden sich Venus und Mars in vielen Dingen grundsätzlich von der Erde. Auf der Venus ist der atmosphärische Druck hundertmal so groß, auf dem Mars beträgt er ein Hundertstel. Auf dem Mars liegt die Durchschnittstemperatur bei -30 bis -40 Grad, auf der Venus bei +475 Grad Celsius. In der Erdatmosphäre überwiegt der Stickstoff, die Gashüllen der Venus und des Mars bestehen fast ausschließlich aus Kohlendioxid. Wasser fehlt praktisch auf beiden Planeten. Die Venus hat eine völlig anomale Rotation, in der sie sich von allen anderen Planeten unterscheidet. Offenbar hat die „Zwischenstellung“ die Erde zu einem einmaligen Planeten gemacht und die Entstehung und Entwicklung ihrer Biosphäre beeinflußt. Welche Vorgänge zu dieser unterschiedlichen Evolution der Nachbarplaneten geführt haben, ist bisher noch nicht endgültig geklärt. Die Erforschung jedes einzelnen Planeten, der Vergleich der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede werden dazu beitragen, interessante Gesetzmäßigkeiten aufzudecken.

M. Marow, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften in „Prawda“ vom 21. 5. 71 nach PdsU 65/71.

Ist Unerwartetes auf dem Mars zu erwarten?

„Wir werden vom Mars viel Neues erfahren, was uns helfen wird, den Bau und die Entwicklung unseres eigenen Planeten und des Sonnensystems als Ganzes zu erkennen. Deshalb sehen die Wissenschaftler mit Interesse den Angaben der sowjetischen automatischen Stationen entgegen, die soeben Kurs auf den Mars genommen haben.“ Das schrieb Prof. Wassili Moros in der „Iswestija“ zum sowjetischen Marsexperiment.

Der Autor setzt sich unter anderem mit den Hypothesen über Saisonveränderungen in den Mars-„Meeren“ auseinander. Im Sommer werden sie dunkel, im Winter heller. Einige könne man kaum ausmachen. Im Frühjahr, wenn die Polarhaube zu „schmelzen“ beginne, breite sich zum Äquator hin eine Art dunkle Welle aus, deren Geschwindigkeit etwa 30 km in 24 Stunden erreiche. Das erscheine auf den ersten Blick leicht erklärbar und natürlich, wenn man voraussetze, daß die dunklen Gebiete ein Teil des Planeten mit Vegetation sind, auf denen der Frühling beginnt oder der Herbst ausklingt.

Die Fortkantung von der Erde aus zeige, daß es sich bei den dunklen Gebieten häufig um Abhänge und Übergangszonen zwischen Tief- und Hochebenen handle. Deshalb können die Änderungen des Reflexionsvermögens und folglich die Färbung der „Meere“ mit der Änderung der Windrichtung erklärt werden, nimmt der Wissenschaftler an. Im Sommer fegt der Wind den feinkörnigen Staub von den Abhängen, und sie dunkeln, im Winter sammle sich dort dieser Staub erneut, und die Gebiete erscheinen heller.

„Eine Hypothese dieser Art hat ihre Schwierigkeiten“, schreibt Prof. Moros. „Auf dem Mars werden manchmal Staubstürme beobachtet, bei denen ein großer Teil des Planeten von einem gelben Schleier überzogen wird. Während des Sturmes sind die Meere durch diesen Schleier kaum sichtbar. Man sollte meinen, daß der Unterschied in der Helligkeit verschwindet, wenn sich der Sturm legt und der Staub sich gleichmäßig auf dunkle und helle Gebiete verteilt. In Wirklichkeit stellt sich aber der Helligkeitsunterschied schnell wieder her. Das läßt sich leicht erklären, wenn man annimmt, daß in den dunklen Gebieten Vegetation vorkommt. Viel schwieriger ist das dagegen zu erklären, wenn man diese Gebiete für leblose Hochebenen hält.“

Das rauhe Klima auf dem Mars sei an sich kein Hindernis für die Entwicklung des Lebens, stellt Professor Moros fest, der zu den führenden sowjetischen Marsforschern gehört. „Wenn in prähistorischer Zeit die physikalischen Verhältnisse auf dem Mars für das Aufkommen des Lebens günstig waren, so konnte sich die damals entstandene Biosphäre im Zuge ihrer Evolution den Wandlungen auf diesem Planeten anpassen.“

Es sei nicht ausgeschlossen, meint der Astrophysiker, daß das Leben auf dem Mars inselartigen Charakter habe, das heißt, die Biosphäre komme auf begrenzten Abschnitten des Planeten mit einem günstigeren Mikroklima aus, das beispielsweise infolge der vulkanischen Tätigkeit entstehe. Es sei deshalb sehr wichtig, mit optischen Methoden die Verteilung der Temperatur und des Wasserdampfes in der Atmosphäre und auf der Oberfläche des Planeten eingehend zu untersuchen.

„Wie werden sich diese hypothetischen lebenden Organismen auf dem Mars präsentieren, wenn es zu einer Begegnung mit ihnen kommt? Vorsichtige Menschen sprechen nur von Mikroorganismen, bestenfalls von Pflanzen, doch wir müssen darauf gefaßt sein, etwas ganz Unerwartetes zu treffen.“

In ähnlicher Weise interpretieren amerikanische Wissenschaftler eine Marsaufnahme, die eine der Mariner-Sonden im Jahr 1969 während ihres Vorbeifluges am Mars aufgenommen und zur Erde übermittelt hatte. Auf dem Foto sind große, scheinbar stationäre bläuliche Dunstwolken zu erkennen. Man nimmt an, daß es sich um Aerosole (feinste Flüssigkeitsteilchen) noch unbekannter Zusammensetzung handelt. Möglicherweise besteht ein Teil der Wolken auch aus kleinsten Staupartikeln, von Stürmen an der Oberfläche aufgewirbelt und in große Höhen transportiert. Bläuliche Dunstwolken ähnlicher Art bilden sich auf der Erde über Kiefernwäldern, wenn die von den Bäumen aufsteigenden flüchtigen Bestandteile mit der Atmosphäre reagieren. Die bläulichen Dunstwolken waren bisher als ein Gebilde auf der Planetenoberfläche angesehen worden. Wahrscheinlich müsse man auch andere Fotointerpretationen daraufhin noch einmal überprüfen.

ADN

Berichtigungen

In Heft 2/71 muß es auf S. 38, letzte Zeile, statt „der Linie aller Korona“ richtig heißen „aller Linien der Korona“; auf S. 46, untere Bildleiste, zeigt die Abb. in der Mitte Dr. H. Bernhard, die Abb. rechts Dr. M. Schu-



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

Die Anwendung von Äquidensiten auf astronomische Probleme · Dipl.-Astr. Jürgen Reiche	129
--	-----

Aus der Literatur

Wasserdampf und Restmagnetismus auf dem Mond	135
Meteorite als Informationsträger · Prof. Dr. Günter Hoppe	136
Die Sternwarten der DDR/Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“, Eilenburg OMR Dr. Karl Sigmund	139
513 Mondkrater erhielten Namen	141
Schwerefeldanomalien des Mondes durch Mascons?	144

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Hybride Raketentriebwerke · Dipl.-Ing. M. Sachse	145
Neues vom Weltraumrecht · Prof. Dr. G. Reintanz	153
OSO 7 fotografiert Sonneneruption mittels Röntgenstrahlen	155
Entwicklung der bemannten Raumfahrt der Sowjetunion · Karl-Heinz Neumann	156
Sowjetische und USA-Kosmonauten	159

Sonnenwind als Rotationsbeschleuniger? — Neue Etappe der Weltraumforschung eingeleitet	3. Umschlagsseite
---	-------------------

Zur Beachtung!

Durch den Übergang des Drucks unserer Zeitschrift in das Druckhaus Freiheit Halle haben sich leider Auslieferungsverzögerungen ergeben, da die Zeitschrift zusätzlich in den Produktionsplan für 1971 eingebracht werden mußte. 1972 ist eine lizenzgemäße Auslieferung durch die Druckerei eingeplant und zwar mit folgenden Terminen: Auslieferung Heft 1 an das Zeitungsvertriebsamt am 25. Februar; Heft 2 am 28. April; Heft 3 am 28. Juni; Heft 4 am 28. August; Heft 5 am 27. Oktober; Heft 6 am 29. Dezember 1972.

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; Heinz Albert; Karl-Heinz Neumann; Heinz Mielke; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur).

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 429744/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1971 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/83 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Die Anwendung von Äquidensiten auf astronomische Probleme

Dipl.-Astronom JÜRGEN REICHE

1. Einleitung

Als Äquidensiten bezeichnet man in der Fotografie Linien gleicher Schwärzung im Bild eines Objektes. Synonym wollen wir hier den Ausdruck „Isofoten“ gebrauchen. Genau genommen bezeichnen Isofoten Linien gleicher Helligkeit im Objekt und stimmen nur exakt mit den Äquidensiten überein, wenn keine verfälschenden instrumentellen Einflüsse (Vignettierung, variable Plattenempfindlichkeit) vorhanden sind. Wir nehmen daher an, daß solche Fehler vor der eigentlichen Auswertung berücksichtigt worden sind.

Zur Eichung der Äquidensiten — also der Linien gleicher Schwärzung — auf Helligkeitswerte kann man z. B. einen Schwärzungskeil auf die verwendete Fotoplatte kopieren. Manche Verfahren zur Herstellung der Äquidensiten — u. a. auch die von N. Richter und W. Högnér in die Astronomie eingeführte, auf dem Sabattier-Effekt beruhende fotografische Methode — liefern beim Bearbeiten der Platte gleichzeitig Äquidensiten vom Schwärzungskeil, die unmittelbar mit den Objektäquidensiten verglichen werden können und damit eine bequeme Kalibrierung letzterer gestatten.

Es erhebt sich nun die Frage, ob man Äquidensiten in der Astronomie sinnvoll anwenden kann. Um diese Frage zu beantworten, müssen wir daran denken, daß man es in der Astronomie nicht nur mit Punktlichtquellen (Sternen), sondern auch mit flächenhaft an der Himmelssphäre erscheinenden Objekten zu tun hat. Dazu gehören die Sonnenkorona, galaktische Nebel, Kometen und extragalaktische Sternsysteme. Wir werden sehen, daß Äquidensiten bei der Untersuchung solcher flächenhaften Objekte eine ausgezeichnete Rolle spielen.

2. Sonnenkorona

Dies wollen wir zunächst am Beispiel der Sonnenkorona zeigen. Haben wir eine etwa bei einer Sonnenfinsternis gewonnene Koronaaufnahme vor uns und stellen Äquidensiten her, so erkennen wir, daß die Korona nicht nur an dem auf der Aufnahme erscheinenden Rande, sondern auch weiter innen, in den oftmals relativ gleichmäßig geschwärzt erscheinenden Partien eine Struktur aufweist. Der Astronom ist daran interessiert, die allgemeine Struktur der Korona zahlenmäßig zu erfassen, um mit zu anderen Zeitpunkten gewonnenen Koronaaufnahmen leicht vergleichen zu können. Dazu wurde von Ludendorff die Größe

$$\varepsilon = \frac{r_1 + r_2 + r_8}{r_4 + r_8 + r_6} - 1$$

eingeführt, die ein Maß für die Elliptizität der Korona ist.

Es bedeuten r_1 den Äquatordurchmesser einer Isofote, r_2 und r_8 die gegen diesen um $22,5^\circ$ geneigten Durchmesser, r_6 den Poldurchmesser und r_4 und r_8 die gegen letzteren um $22,5^\circ$ geneigten Durchmesser dieser Isofote. Da die Sonnenkorona in äquatorialer Richtung einen größeren Durchmesser hat als in polarer, ist $\varepsilon > 0$.

Man kann nun die für die Elliptizität charakteristische Größe ε für jede Isofote errechnen und gewinnt so eine Beziehung zwischen ε und dem Durchmesser R der Isofoten, als den man etwa

$$R = \frac{1}{3} (r_1 + r_2 + r_8)$$

definieren kann. Es zeigt sich dann, daß $\varepsilon(R)$ zunächst im Bereich $1,0 < R < 1,5$ (Einheiten des Sonnendurchmessers) linear ansteigt, bei etwa $R = 1,8$ ein Maximum erreicht und an-

schließlich wieder abfällt. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt man, wenn man mit van de Hulst als Maß für die Elliptizität

$$\varepsilon' = \frac{r_1}{r_s} - 1$$

verwendet (r_1 und r_s wie oben definiert).

Für den linearen Teil zwischen $R = 1,0$ und $R = 1,5$, für den also eine Formel $\varepsilon = a + b(R - 1)$ gelten muß, lassen sich aus den von den Äquidensiten abgeleiteten Werten $\varepsilon(R)$ die Koeffizienten a und b bestimmen. Den sogenannten Ludendorffschen Index der Koroniform erhält man dann zu $L = a + b$.

Außer der Größe der Elliptizität und ihrer Änderung bei unterschiedlichem Abstand R interessieren aber auch die Intensitätsgradienten in der Korona in verschiedenen Positionswinkeln. Der Helligkeitsabfall in der Sonnenkorona läßt sich für einen beschränkten Bereich durch ein Exponentialgesetz darstellen:

$$i = \frac{c}{d^n},$$

wo c und n Konstanten sind und d den Abstand vom Sonnenrand in Einheiten des Sonnenradius bezeichnet. Den Intensitätsgradienten erfaßt man demnach, wenn man aus den vorliegenden Isotopen den Exponenten n nach obiger Formel, also

$$n = - \frac{\Delta \lg i}{\Delta \lg d},$$

bestimmt, und zwar in Abhängigkeit vom Positionswinkel. Dazu kann man entweder d konstant lassen und die zugehörigen i -Werte suchen oder umgekehrt die d -Werte zu vorgegebenen Werten von i bestimmen. Letzteres bietet sich arbeitstechnisch besonders an, wenn man die fertigen Isotopen vorliegen hat.

Sind die Werte von ε bzw. ε' , L und n gefunden, ist die allgemeine Struktur der Korona vollständig beschrieben.

3. Kometen

Auch über die Struktur eines Kometen lassen sich mit Hilfe der Äquidensiten Informationen gewinnen. Aus einer Serie von Isotopen eines Kometen kann man die Lage des Mittelpunktes des Kometenkopfes (also des hellsten Punktes), den Durchmesser des Kometenkopfes und die Schweiflänge ermitteln. Die Längen können bei bekannter Entfernung vom Bogenmaß ins lineare Maß umgerechnet werden. Die Bestimmung des Mittelpunktes des Kometenkopfes ist deshalb schlecht ohne Äquidensiten möglich, da die zentralen Partien des Kopfes oft ziemlich gleichmäßig geschwärtzt sind. Auch mit Registrierschnitten trifft man auf Schwierigkeiten, weil man ja erst den Mittelpunkt kennen müßte, um einen Schnitt durchlegen zu können.

Zum anderen wird im allgemeinen ein mehr oder weniger gleichmäßiger Übergang in der Helligkeit vom Kometenkopf bzw. -schweif zur Hintergrundhelligkeit vorhanden sein. Aus diesem Grunde läßt sich durch bloßes Betrachten des Bildes des Kometen nur schwer sagen, welche Gebiete noch dazugehören und welche nicht. Die Schwierigkeit kann behoben werden, indem für diese äußeren Gebiete Äquidensiten hergestellt werden und die äußerste, die noch dem Kometen (nicht dem Hintergrund) zugeordnet werden kann, als Begrenzung des Kometen angesehen wird. Da in den äußersten Gebieten meist ein sehr kleiner Helligkeitsgradient vorhanden ist, muß man sogenannte „integrierende“ Äquidensiten herstellen, d. h. solche, bei denen über die Korndichteschwankungen gemittelt wird. Dasselbe Problem wird im Abschnitt über Galaxien näher erörtert.

Oft läßt sich auch eine Krümmung des Schweifes nachweisen. Solche Größen wie die Stärke der Schweifkrümmung, Schweiflänge, Durchmesser des Kometenkopfes und Stärke des Helligkeitsabfalles vom hellsten Punkt nach außen (s. u.) sind zeitlich veränderlich, und es gilt, diese

zeitlichen Änderungen zu verfolgen, da dies ein Hilfsmittel zum Verständnis der physikalischen Vorgänge ist, die sich bei der Annäherung des Kometen an die Sonne und der darauffolgenden Entfernung von ihr abspielen.

Auch die Untersuchung der feineren Strukturen, die die Äquidensiten eines Kometen zeigen, kann Hinweise auf die physikalischen Vorgänge liefern. Dies sei am Kometen Seki-Lines (1962 c), der am 4. Februar 1962 entdeckt wurde und am 1. April seine größte Sonnennähe von 0,0314 AE erreichte, angedeutet. Die Mitte April von Bronnikowa [3] von diesem Kometen gewonnenen Aufnahmen lassen im Schweif ähnlich wie bei vielen anderen Kometen eine Strahlenstruktur erkennen, die in den Äquidensiten ganz deutlich hervortritt. Der Schweif besteht aus zwei Hauptstrahlen, die in der Nähe des Kometenkopfes an der der Sonne abgewandten Seite beginnen und sich bis in die äußersten nachweisbaren Gebiete des Schweifes hinziehen. Zur Interpretation wurde in groben Umrissen folgende, dem Prinzip nach schon länger bekannte Theorie herangezogen: Ein bedeutender Anteil der den Schweif bildenden Materie wird vom Kometenkopf an der der Sonne zugewandten Seite ausgeworfen und dann durch den Strahlungsdruck der Sonne weggetrieben. Dabei umströmt die Materie den Kometenkopf und bildet so die beiden erwähnten Strahlen.

Weitere Aufschlüsse lassen sich gewinnen, wenn die erhaltenen Äquidensiten geeicht werden, d. h. wenn für jede Isote die Intensität, die sie repräsentiert, oder zumindest die relative Intensität, bezogen z. B. auf die äußerste Isote, bekannt ist. Wie bei der Korona lassen sich Helligkeitsgradienten ableiten und die maximale Helligkeitsdifferenz zwischen dem hellsten Punkt und der Begrenzungsisote bestimmen. Weiterhin hat man mit geeichten Äquidensiten eine ziemlich objektive Möglichkeit, die Gesamthelligkeit abzuleiten. Wie man dabei praktisch vorzugehen hat, werden wir im Abschnitt über Galaxien erfahren.

4. Galaktische Nebel

Bevor die Galaxien behandelt werden, wollen wir aber noch kurz die leuchtenden galaktischen Nebel betrachten, bei denen uns keine grundsätzlich andere Problematik als bei der Sonnenkorona, den Kometen und den Galaxien gegenübertritt. Auch hier gestatten die Isotopen Aussagen über die Struktur des Objektes. Oft wird mehr als nur ein Helligkeitszentrum vorhanden sein, so daß die Äquidensiten in Form isolierter Inseln erscheinen. Wird der Nebel in verschiedenen Farben untersucht, so haben die Isotopen häufig recht unterschiedliches Aussehen. Daraus ersieht man, welche Atome und Ionen an welcher Stelle am stärksten zur Strahlung beitragen. Da das vom Anregungszustand und vom Ionisationsgrad der Atome abhängt, kann man auf den physikalischen Zustand an den verschiedenen Stellen schließen.

Man interessiert sich wieder für die Helligkeitsgradienten und für die Gesamthelligkeit des Objektes. Um letztere bestimmen zu können, müssen wir auch hier wieder wissen, welche Gebiete noch zum Nebel gehören, d. h. wir müssen den Nebel durch eine gerade noch als zum Objekt gehörend erkennbare äußerste Äquidensite vom reinen Hintergrund trennen. Wenn dann die abgeleitete Gesamthelligkeit mit der von anderen Autoren erhaltenen verglichen wird, muß auf eine gemeinsame Begrenzungsisote reduziert werden, bzw. es muß auf die Objekthelligkeit 0 extrapoliert werden.

Bei diesen äußeren (meist „integrierenden“) Äquidensiten stoßen wir auch auf die schwierige Frage der Berücksichtigung des Plattenschleiers. Solange er zumindest im Objektbereich konstant ist, beeinflußt er den Verlauf der Äquidensiten nicht und muß nur bei dem Wert für die Helligkeit berücksichtigt werden. Haben wir es aber mit einem variablen Plattenschleier zu tun, so werden die Äquidensiten — vor allem die äußeren — verzerrt. Es ist dann eine Korrektur erforderlich, über die wir etwas im Abschnitt über Galaxien sagen wollen.

Bezüglich der galaktischen Nebel sei noch eine interessante Tatsache vermerkt, die allerdings mehr in den Bereich der Theorie fällt. Wir sehen ja die galaktischen Nebel nicht als räumliche Gebilde, sondern als auf die Himmelssphäre projizierte Flächen. Es ist manchmal möglich, aus den Isotopen nicht nur die sich durch die Projektion ergebende Struktur, sondern auch die räumliche Struktur des Objektes zu entnehmen. Dies wurde von J. Hopmann z. B. schon 1934 für den Orionnebel getan [4]. Auch L. Kohoutek hat 1968 bei einer Untersuchung des plane-

tarischen Nebels NGC 1514 den Versuch einer Entzerrung und der Ableitung eines räumlichen Modells unternommen [5].

5. Galaxien

Ein sehr wichtiges astronomisches Anwendungsgebiet für Isofoten sind die extragalaktischen Sternsysteme.

Wir wollen uns für morphologische Betrachtungen diese Galaxien zusammengesetzt denken aus einem kugelförmigen Teilsystem, das den elliptischen Nebeln ähnlich und um den Kern des Sternsystems konzentriert ist, und einem flachen Scheibensystem, in dem sich die jungen Sterne und die Dunkelmaterie befinden. Nach dieser Einteilung hätten wir die elliptischen Systeme insofern als Grenzfall zu betrachten, als bei ihnen kein Scheibensystem vorhanden ist. Ihre Äquidensiten sind ellipsenförmig. Der Grad der Elliptizität ist definiert durch das Verhältnis

$$e = \frac{a - b}{a}$$

— a und b bedeuten die Längen von großer und kleiner Achse einer Isofote —, das im allgemeinen mit a etwas variieren wird. Aus der Größe dieser Abplattung ergibt sich die Feineinteilung der elliptischen Systeme (Unterscheidung von E0 bis E7). Da ellipsenförmige Isofoten schon eindeutig durch Angabe der Elliptizität und der Länge der großen Achse definiert sind, genügt bei elliptischen Sternsystemen im Prinzip die Untersuchung von großer und kleiner Achse, wenn gesichert ist, daß die Lage von Haupt- und Nebenachse für alle Isofoten dieselbe ist. Dies gilt nicht mehr, wenn das Sternsystem auch eine Scheibe besitzt. Dann sehen wir das Scheibensystem je nach dem Sichtwinkel, unter dem wir das Sternsystem erblicken, mehr oder weniger auf die eine Hälfte des kugelförmigen Systems projiziert, während die andere unbeeinflusst bleibt, da sich das Scheibensystem „dahinter“ befindet. Aus der Untersuchung des unbeeinflussten Teiles des kugelförmigen Systems kann nach van Houten [6] unter der Annahme, daß die Abplattung der Isofoten dieses Systems überall konstant ist, seine Lichtverteilung abgeleitet werden. Hierdurch wird aber eine quantitative Trennung der beiden Teilsysteme möglich. Oft kann man sogar noch die räumliche Lichtverteilung und unter zusätzlichen Annahmen die Verteilung der Dunkelmaterie in der Scheibe bestimmen.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß aus der Verteilung des Lichtes meist noch nichts über die Verteilung der Masse ausgesagt werden kann. Das Verhältnis M/L von Masse zu Leuchtkraft kann, wenn wir beide Größen in Sonneneinheiten ausdrücken, zwischen etwa 2 für die Sonnenumgebung und etwa 30 für elliptische Nebel variieren [6]. Man kann aber bei elliptischen Nebeln mit gutem Grund annehmen, daß das M/L -Verhältnis innerhalb eines Objektes praktisch konstant ist, so daß auf die Masseverteilung geschlossen werden kann. Im Gegensatz dazu wird bei Nebeln mit Scheibensystem das Verhältnis M/L von der Scheibe (junge, helle Objekte) zum kugelförmigen System (alte, lichtschwächere Sterne) stark variieren. Sogar im Scheibensystem selbst wird dieses Verhältnis keineswegs konstant sein, da die extrem jungen, hellen Objekte in Spiralarmen konzentriert sind. Zur Untersuchung der durch die Masseverteilung bestimmten Dynamik in der Scheibe eines extragalaktischen Sternsystems muß man daher andere Methoden heranziehen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß besonders die äußeren Äquidensiten einer Galaxis — das gilt selbstverständlich auch für andere Objekte, vgl. den Abschnitt über galaktische Nebel — nicht den tatsächlichen Helligkeitsverlauf im Objekt wiederzugeben brauchen. Bei der Aufnahme überlagern sich je die Strahlungsströme vom Objekt und vom allgemeinen Himmelshintergrund. Wenn das Hintergrundlicht nicht konstant ist, werden die Äquidensiten des Objektes verfälscht. Dies wird in Zentrumsnähe kaum zu merklichen Auswirkungen führen, da dort das Hintergrundlicht viel schwächer als das des Objektes ist, während in den Außengebieten relativ starke Verfälschungen der Isofoten hervorgerufen werden können. Über die Durchführung der dann notwendigen Korrektur herrscht durchaus keine Einigkeit, so daß dies von Autor zu Autor verschieden gehandhabt wird. In erster Näherung hat man davon

auszugehen, daß sich die Intensitäten vom Objekt i_0 und vom Himmelshintergrund i_H additiv zur wirksam werdenden Gesamtintensität i_G überlagern, so daß

$$i_G = i_0 + i_H.$$

Den Wert von i_G erhält man unmittelbar durch Vergleich mit den Eichmarken, etwa einem aufkopierte Schwärzungskeil. Um auf die Objektintensität i_0 zu schließen, muß also noch i_H ermittelt werden. Da im zu untersuchenden Objekt grundsätzlich nicht entscheiden werden kann, welcher Anteil der Schwärzung durch die Beleuchtung vom Objekt und welcher vom Hintergrund herrührt, kann das nur durch Interpolation von der Umgebung des Objektes her geschehen. Man muß also auch Äquidensiten vom Hintergrund herstellen und aus ihnen die Werte für i_H im Objektbereich ableiten. Dann kann man ohne weiteres von den Kurven gleicher Schwärzung (gleichen Wertes von i_G) zu den Linien gleicher Objekthelligkeit (gleichen Wertes von i_0) übergehen.

Bis hierher haben wir aber noch nicht berücksichtigt, daß die Äquidensiten auch durch eine variable Plattenempfindlichkeit verfälscht werden können. Diese kann z. B. von einer unterschiedlichen Schichtdicke (man verwende daher möglichst Platten, die vor dem Beschichten vermessen worden sind), aber auch sekundär durch ungleichmäßiges Entwickeln hervorgerufen werden. Falls die Empfindlichkeit stark schwankt, sollte man die Platte gar nicht erst bearbeiten. Sind die Schwankungen relativ klein und statistisch verteilt, kann man diese auszugleichen versuchen, indem man mehrere Platten des Objektes übereinanderkopiert. Unter einschränkenden Annahmen (Plattenempfindlichkeit schwanke nur sehr wenig, nur die alleräußersten Äquidensiten des Sternsystems müssen korrigiert werden) kann man auch eine im Prinzip zu oben analoge Reduktion durchführen, die aber etwas komplizierter wird. Ehe man jedoch an die äußeren Äquidensiten irgendeine Korrektur anbringt, sollte man sich im klaren sein, daß es sinnvoller ist, gar keine Reduktion durchzuführen als eine ungenaue, die dann ohnehin schlechte Platten auch nicht mehr „retten“ kann.

Die äußeren Äquidensiten eines Objektes, von denen eben im Zusammenhang mit dem Hintergrund die Rede war, sind u. U. nicht ohne weiteres zu gewinnen (vgl. auch die Abschnitte über Kometen und galaktische Nebel). Das liegt daran, daß sich in sehr schwach belichteten Teilen des Objektes die Kornstruktur bemerkbar macht, so daß die Äquidensiten den einzelnen Kornanhäufungen folgen, aber nicht mehr den allgemeinen Verlauf der Schwärzung in der zu untersuchenden Galaxis wiedergeben. Man kann sich dann dadurch behelfen, daß jeweils über gewisse genügend große Plattenareale, in denen sich die Korndichteschwankungen statistisch „herausmitteln“, „integriert“ wird. Man stelle sich das etwa als eine künstliche Verschmierung der Schwärzungen im aufgenommenen Objekt vor. Die Herstellung solcher „integrierenden“ Äquidensiten ist für die fotografische Methode, die den Sabattier-Effekt ausnutzt, von W. Höger angegeben worden. Sie besteht wesentlich im Zwischenlegen einer Folie zwischen Negativ und Kopiermaterial beim Anfertigen der Stufenkopien, so daß beide nicht mehr unmittelbar aufeinander liegen, sowie gleichzeitig in der Beleuchtung mit diffusom Licht. Dadurch wird die gewünschte Verschmierung erreicht. Man sollte nur gerade so stark „integrieren“, daß die Äquidensiten glatt verlaufen. Zu starkes Mitteln würde einen zu großen Verlust an Details nach sich ziehen.

Durch diese Mittelung kann man noch Äquidensiten von äußerst schwach durch das Objekt belichteten, mit dem Auge nicht mehr als solche zu erkennenden Gebieten der Fotoplatte erhalten. Dies führt uns nochmals auf das Problem der Begrenzungsisofoten. Will man von einer Galaxis solche Größen wie Gesamthelligkeit und Winkeldurchmesser angeben, muß gleichzeitig angegeben werden, bis zu welcher Isofote gemessen wurde, d. h. welchen Intensitätswert die äußerste Isofote repräsentiert. Dadurch werden die Ergebnisse erst — wie bereits oben erwähnt — untereinander vergleichbar. Bei manchen Methoden zur Äquidensiten-Herstellung (z. B. der fotografischen) wirkt sich in dieser Hinsicht günstig aus, daß alle einander entsprechenden Isofoten auf einer Platte denselben Schwärzungswert repräsentieren, so daß die verschiedenen Objekte auf derselben Platte unmittelbar verglichen werden können.

Während sich die Bestimmung der Dimensionen einer Galaxis auf die Ausmessung der Begrenzungsisofote beschränkt — bei bekannter Entfernung der Galaxis kann vom Winkelmaß

zum linearen Maß übergegangen werden —, ist es etwas aufwendiger, die Gesamthelligkeit des Objektes abzuleiten. In exakter Schreibweise hätten wir das Integral

$$B = \iint_G i(x, y) df$$

zu bilden, wobei die Integration über das gesamte Gebiet der Galaxis zu erstrecken wäre. Hierbei bezeichnet $i(x, y)$ die Flächenhelligkeit im Punkte (x, y) der Galaxis, etwa gemessen in Größenklassen pro Quadratbogensekunde (diese relative Angabe genügt für viele Anwendungen schon). Das Integral muß natürlich beim Auswerten durch eine endliche Summe angenähert werden. Dazu hat man sich zu versichern, daß die Isofoten so dicht liegen, daß die Flächenhelligkeit zwischen je zwei benachbarten als konstant angesehen werden kann. Wenn nun i_k die mittlere Flächenhelligkeit zwischen der k -ten und der $(k-1)$ -ten Isofote und Δf_k die Größe der Fläche zwischen beiden Isofoten bezeichnet, so können wir das Integral annähern durch

$$B_s = \sum_{k=0}^s i_k \Delta f_k.$$

Die Hauptarbeit besteht also in der Bestimmung der Flächen Δf_k . Wenn s sehr groß wird, muß sich der Wert von B einem bestimmten Grenzwert nähern, der charakteristisch für die betreffende Galaxis ist.

Wir können für die untersuchte Galaxis verschiedene charakteristische Parameter ableiten. Diese sind so definiert, daß sie wahre Eigenschaften des an die Sphäre projizierten Bildes des Objektes angeben, also nicht von den Aufnahme- und Auswertbedingungen abhängen. In kreissymmetrischen Systemen hat die eben angegebene Summe (bzw. exakter, das entsprechende Integral) eine unmittelbare Bedeutung. Sie beschreibt die „integrierte“ oder „Gesamt“helligkeit innerhalb eines Radius s vom Zentrum. Dann erhalten wir die asymptotische Gesamthelligkeit B_∞ , also die Helligkeit des gesamten Systems, durch den Grenzübergang $s \rightarrow \infty$ (Extrapolation). Die auf B_∞ normierte Funktion B_s , also

$$q(s) = \frac{B_s}{B_\infty},$$

wird als relative integrale Helligkeitskurve bezeichnet. Weiterhin wird durch die Definition

$$q(s_e) = \frac{1}{2}$$

der effektive Radius s_e festgelegt, innerhalb dessen die Hälfte der Gesamthelligkeit der Galaxis enthalten ist.

Im Allgemeinfall — sogar, wenn einzelne getrennte „Inseln“ vorhanden sind — läßt sich ein sogenannter Äquivalentradius $\bar{s}$ definieren durch die Beziehung

$$\pi \bar{s}^2 = F,$$

wenn F die Gesamtfläche innerhalb einer Isofote (einschließlich der „Inseln“) bezeichnet. Mit diesem lassen sich die interessierenden Größen wieder wie oben definieren, nämlich das Äquivalenthelligkeitsprofil $i(\bar{s})$, der relative Äquivalenthelligkeitsverlauf $q(\bar{s})$ und der effektive Äquivalentradius $\bar{s}_e$.

Zwei weitere interessierende Parameter sind die Flächenhelligkeit i_{s_e} , die durch die „effektive Isofote“, also jener, die dem effektiven Äquivalentradius $\bar{s}_e$ entspricht und die „effektive Fläche“ F_{s_e} einschließt, repräsentiert wird, und zum anderen die durchschnittliche Flächenhelligkeit i_m innerhalb der „effektiven Isofote“, d. h.

$$i_m = \frac{B_{s_e}}{F_{s_e}} = \frac{B_\infty}{2\pi \bar{s}_e^2}.$$

Zum Ableiten der wahren Struktur einer Galaxis für den direkten Vergleich mit theoretischen Modellen ist es oft nützlich, dimensionslose Variable einzuführen, etwa durch

$$I = \frac{i}{i_s} \quad \text{und} \quad S = \frac{s}{s_e}.$$

Für Galaxien desselben Typs und derselben Orientierung im Raum sollte man dann denselben Helligkeitsverlauf $I(S)$ erhalten.

Für die amateurastronomische Praxis der Äquidensitenherstellung folgt im Heft 6/71 ein instruktiver Beitrag.

Literatur:

- [1] K. Löchel, W. Högner: Isophotendarstellung der Sonnenkorona vom 15. Februar 1961 mit Hilfe photographischer Äquidensiten; ZfA 62, 121 (1965).
- [2] M. K. V. Bappu, A. Bhatnagar: The Solar Corona of July 20, 1963; Kodaikanal Observ. Bull., Ser. A, No. 190 S. A 169 (1969).
- [3] N. M. Bronnikowa: Fotometrija komety Seki-Laines (1962e) metodom ekwidensit; Isw. glawnoi astron. obserw. w Pulkowje, 24, 174 (wypusk 4, No. 180, 1966).
- [4] J. Hopmann: Photometrische Versuche am Orionnebel; Veröff. der Univ.-Sternwarte zu Leipzig, Heft 4 (1934).
- [5] L. Kohoutek: A Study of Planetary Nebula NGC 1514 — III. Isophotic Contours and the Spatial Model of the Nebula; BAC 19, No. 5 (1968).
- [6] C. J. van Houten: Photometrie extragalaktischer Nebel; SuW 4, 170 (1965).
- [7] G. de Vaucouleurs: General Physical Properties of External Galaxies; in: Handbuch der Physik, Bd. 53 (Sternsysteme), Springer-Verlag 1959, S. 311.
- [8] W. B. Jones, D. L. Oblits, R. M. Gallet, G. de Vaucouleurs: Astronomical Surface Photometry by Numerical Mapping Techniques; Publ. of the Depart. of Astron. — the Univ. of Texas at Austin, Ser. 2, Vol. 1, No. 8 (1967).
- [9] W. Högner: Über die Herstellungstechnik photographischer Äquidensiten; Jenner Rundschau 14, 340 (1969).

Aus der Literatur

Wasserdampf und Restmagnetismus auf dem Mond

Amerikanische Wissenschaftler haben auf dem Mond einen „Dampfgeyser“ entdeckt. Die von Apollo 12 und 14 auf dem Erdtrabanten zurückgelassenen Meßinstrumente hatten am 7. März dieses Jahres sporadische Ausbrüche von Wasserdampffontänen registriert, die ungefähr zwölf Stunden dauerten. Dieser Ausbruch wurde besonders stark von dem Ionendetektor zur Erde übermittelt, den die Besatzung des Raumschiffes Apollo 14 im Februar 1971 im Fra-Mauro-Hochland aufgebaut hatte.

Die amerikanischen Experten nehmen an, daß sich unter den Ausbruchstellen Wasser befindet, das nach oben gepreßt wird und im Vakuum des Mondes sofort verdampft und ionisiert wird. Es entstehen wahrscheinlich dabei nebelartige Dampfwolken. Bisher wurde die Existenz von Wasser auf dem Erdtrabanten weitgehend ausgeschlossen. Jedoch war schon seit längerer Zeit von der Erde aus und bei Mondumkreisungen beobachtet worden, daß bestimmte Gebiete des Trabanten zeitweilig wie in Dunst gehüllt schienen.

Zu einem nicht weniger interessanten Ergebnis führten Untersuchungen von Mondgestein. Wie der britische Physiker Prof. Stanley Rancorn auf dem XV. Kongreß der Internationalen geodätischen und geophysikalischen Union in Moskau berichtete, habe man in 3,7 Milliarden Jahren altem Mondgestein mit Sicherheit einen Restmagnetismus registrieren können. Demzufolge habe der Mond entgegen allen bisherigen Hypothesen doch ein Magnetfeld besessen, das er jedoch im Laufe der Zeit einbüßte. Ein solches Magnetfeld setze voraus, daß der Mond in früheren Entwicklungsstadien über einen rotierenden heißen Kern mit elektrischer Leitfähigkeit verfügte.

„Ich zweifle nicht daran“, erklärte der britische Wissenschaftler, „daß der Mond auch heute noch im Innern ein heißer Körper mit einem kompakten Eisenkern ist. Als umstritten könnte lediglich die Frage gelten, ob der Kern noch in Fluß ist. Ich möchte diese Frage bejahen. Die auf dem Mond entdeckten Lavaausbrüche scheinen mir dafür ein gewichtiges Argument zu sein.“

Fortsetzung S. 144

Meteorite als Informationsträger

Prof. Dr. GÜNTER HOPPE

Von der Meteoritenforschung wird jeder Meteorit mit allen Einzelheiten seiner stofflichen Beschaffenheit und auch — soweit möglich — mit den Daten seiner Flugbahn sorgfältig registriert. Der Grund für die hohe Bewertung der Meteorite liegt darin, daß sie als unmittelbare Zeugen der stofflichen Beschaffenheit außerirdischer Materie auch Träger zahlreicher Informationen sind, die zu Schlüssen auf die Entstehungsbedingungen und die Entstehungsgeschichte der Meteorite und der festen kosmischen Körper allgemein verwendet werden können. Außerdem liefert die Erfassung der Bahndaten Angaben über die Herkunft der Meteorite.

Vorbild und Muster für den Weg der Erforschung und die Möglichkeiten der Auswertung der stofflichen Beschaffenheit war von Beginn der Meteoritenforschung an die Erforschung des festen anorganischen Materials der Erdkruste. Dabei spielen die kleinsten einheitlichen Festkörper, die Minerale, eine wesentliche Rolle. Die im jeweiligen Material vorhandenen Mineralarten, ihr physikalischer Zustand und die Verteilung der chemischen Elemente auf die Minerale stellen die Grundinformationen dar. Darüber hinaus stehen noch die räumlichen und altersmäßigen Beziehungen der Komplexe von Mineralen, d. h. der Gesteine und Gesteinskörper untereinander zur Erkenntnisfindung zur Verfügung. Ferner dienen Experimente zur Nachahmung der Stoffzustände und zur Ermittlung der physikalisch-chemischen Bildungsbedingungen. Das Zusammenwirken der mineralogischen und geologischen Wissenschaften ermöglicht so die weitgehende Aufklärung der Entstehungsvorgänge.

Das Material der Erdkruste ist nach seiner ursprünglichen Erstarrung mannigfach und wiederholt umgebildet worden. Solange hierbei der feste Zustand nicht zerstört worden ist, finden sich in den Mineralen und Mineralaggregaten im allgemeinen neben Neubildungen noch Reste oder andere Spuren der früheren Zustände. Dadurch besteht die Möglichkeit, mehrere Phasen der Entstehungsgeschichte zu erkennen, wenn auch mit verschiedenen Graden der Gewißheit je nach der Kompliziertheit der Verhältnisse. Ist dagegen der feste Zustand durch Auflösen oder Schmelzen verloren gegangen, dann sind die wesentlichsten Spuren der Vorgeschichte des Materials ausgelöscht.

Die Meteorite erfüllen die Bedingungen für das Erhaltenbleiben der in Festkörpern speicherbaren Information. Zwar entwickelt sich bei der Abbremsung ihrer Geschwindigkeit in der Erdatmosphäre auf ihrer Oberfläche eine sehr hohe Temperatur. Da jedoch die Dauer der Erhitzung während des Weges durch die Erdatmosphäre nur wenige Sekunden beträgt und geschmolzene Teile sofort abgestreift werden, bleibt der die Oberfläche der Erde erreichende Rest, von einer dünnen Schmelzkruste abgesehen, im wesentlichen unbeeinflusst.

Auf die Menge des Materials, das die Erdoberfläche unverändert erreicht, ist die Wirkung der Reibungswärme allerdings sehr einschneidend. Alle kleineren Partikel werden restlos aufgeschmolzen bzw. verdampft (Sternschnuppen). Nur von den seltenen größeren Körpern gelangen Reste als Meteorite auf die Erde.

Bisher stehen der Forschung etwa 2000 Meteorite als Materialbasis zur Verfügung, wobei jeder Meteoritenfall, auch wenn er eventuell mehrere oder viele Teilstücke geliefert hat (Schauer), nur einmal gerechnet ist. Dieses Material ist im wesentlichen im 19. und 20. Jahrhundert zusammengebracht worden. Aus älteren Zeiten sind nur wenige Meteorite erhalten geblieben, obwohl natürlich Meteoritenfälle zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen erregt haben. Bereits aus dem Altertum sind Berichte über solche Ereignisse überliefert. Aber noch von der Wissenschaft der Aufklärungszeit war die Vorstellung, daß Steine vom Himmel fallen, abgelehnt worden.

Erst der deutsche Physiker E. F. F. Chladni, der durch seine akustischen Entdeckungen (Klangfiguren u. a.) berühmt geworden ist, brachte im Jahre 1794 die Wende. Chladni geht von einem bis dahin unerklärlichen, höchst eigentümlichen Fundstück, dem sogenannten Pallas-Eisen aus. Es ist dies eine große Eisenmasse mit zahllosen eingesprengten Silikatkörnern,

die in Sibirien gefunden und im Jahre 1772 von dem deutschen Naturforscher P. S. Pallas, der im Auftrage der Petersburger Akademie Rußlands bereist hat, beschrieben worden war. Chladni erklärt das Pallas-Eisen als ein Fundstück kosmischer Herkunft. Mit diesem und anderen Fundstücken verbindet er in seiner bewundernswürdigen Meteoritentheorie die Sternschnuppen, Feuerkugeln und Donnersteine. Seine Theorie setzte sich erst nach etlichen Jahren schließlich allgemein durch.

Von nun an wurden alle gefundenen Meteorite sorgfältig registriert, untersucht und systematisch gesammelt. Chladni selbst brachte eine ansehnliche Anzahl von Meteoriten zusammen, die er auf seinen zahlreichen Reisen als Anschauungsmaterial für seine Vorträge mit sich führte. Seine Sammlung ist übrigens noch heute vorhanden. Auf Grund des Vermögens Chladnis befindet sie sich in der großen Meteoritensammlung des Berliner Mineralogischen Museums (Museum für Naturkunde an der Humboldt-Universität).

Obwohl die Untersuchungen des bisher vorhandenen Meteoritenmaterials zu sehr wesentlichen Ergebnissen geführt haben, muß man sich darüber im klaren sein, daß die Materialbasis im Grunde doch recht beschränkt ist. Allein schon aus dem Spielraum der stofflichen Verschiedenheit der Meteoritenarten und aus deren unterschiedlicher Häufigkeit läßt sich dies schließen. Die bekannte Untergliederung der Meteorite in drei Hauptgruppen (Eisenmeteorite, Stein-Eisenmeteorite und Steinmeteorite) umreißt den Umfang der stofflichen Beschaffenheit. Jedoch sind die Meteorite weit unterschiedlicher, als diese Einteilung vermuten läßt. Im einzelnen müssen, wie in der Tabelle 1 angedeutet, die beteiligten Minerale, ihr Mengenverhältnis, ihre Vergesellschaftung und die Formbeziehung (Gesteinsstruktur) zu Grunde gelegt werden. Neben einigen relativ häufigen und infolgedessen auch gut bekannten Meteoritengruppen gibt es auch etliche seltene, ja sogar solche Typen, die bisher nur einen oder wenige Vertreter haben.

Die stoffliche Verschiedenheit der Meteorite ist besonders eindrucksvoll, wenn die Beschaffenheit der Gesteine der Erdkruste zum Vergleich herangezogen wird. Zwar sind die gleichen chemischen Elemente vorhanden, aber ihr Mengenverhältnis und die daraus gebildeten Minerale sind größtenteils abweichend. Nur die weniger häufigen Gruppen der Steinmeteorite, die Achondrite, sind hinsichtlich der Minerale und der Gesteinsstruktur mit Gesteinen der Erdkruste (und des Mondes) grundsätzlich vergleichbar. Für die anderen Meteorite gibt es nur geringere oder überhaupt keine Vergleichsmöglichkeiten.

Die Beschränkung der Materialbasis liegt ferner in der Zusammenhanglosigkeit der Proben, ganz im Gegensatz zu den Verhältnissen der Erdkrustengesteine, wo die Lagerungsverhältnisse und andere geologische Beziehungen die Erforschung ihrer Entstehung sehr erleichtern.

Die moderne Meteoritenforschung hat über die stoffliche Grundinformation hinaus viele weitere und andersartige Sachverhalte aufgedeckt. Ein gutes Beispiel dafür sind die Altersbestimmungen an Meteoriten.

Die seit langem bekannte Methode der absoluten Altersbestimmung beruht auf der Gesetzmäßigkeit, nach der sich das Mengenverhältnis der zerfallenden radioaktiven Isotope und ihrer Zerfallsprodukte ändert. Für Meteorite hat sich ein maximales absolutes Alter im Bereich von 4,5 Milliarden Jahren ergeben, das dem Erd- und Mondalter entspricht. In letzter Zeit wurde eine weitere Altersbestimmungsmethode für Meteorite entwickelt, die die Zeitdauer abzuschätzen gestattet, während der die Meteorite der kosmischen Strahlung ausgesetzt waren. Hierfür muß die Konzentration bestimmter, durch die kosmische Strahlung erzeugter Isotope gemessen werden. Die auf diesem Wege ermittelte Zeitdauer ist im allgemeinen unvergleichlich kleiner als das absolute Alter.

In dieser zeitlichen Diskrepanz kann man die Bestätigung einer der bekanntesten Hypothesen der Entstehung von Meteoriten sehen, wonach diese (ebenso wie die Planetoiden) als Bruchstücke aus dem Zerfall eines Planeten des Sonnensystems hervorgegangen sind. Erst nach dem Zerfall des Planeten sind die Meteorite der kosmischen Strahlung voll ausgesetzt worden, vor der sie zuvor als Teile des Innern des Planeten durch dessen Größe geschützt waren. Das Zerfallsalter, wie man diesen Alterswert nennt, ist nun interessanterweise für verschiedene Meteoritenarten nicht gleich groß und streut auch innerhalb der einzelnen Exemplare einer Meteoritenart bedeutend. Häufungsstellen liegen z. B. bei den zu den Steinmeteoriten gehören-

Tabelle 1:

Die Meteoritenarten

Eisenmeteorite

Vorwiegend aus metallischem Eisen mit 5–20 % Nickelgehalt bestehend. Nicht mit Gesteinen der Erdkruste vergleichbar.
Häufig.

3 Untergruppen nach Struktur und Körnigkeit des Nickeleisens.
Oktaedrit, Hexaedrit, Ataxit.

Stein-Eisenmeteorite

Gemenge von Nickeleisen und Silikaten des Mg und Fe. Nicht mit Gesteinen der Erdkruste vergleichbar.
Selten.

4 Untergruppen nach den Arten der silikatischen Minerale und deren Mengenverhältnis: Pallasit, Mesosiderit; sehr selten Siderophyr, Lodranit.

Steinmeteorite

Vorwiegend aus Silikaten des Mg, Fe und Ca bestehend. Untergliederung in zwei Hauptuntergruppen nach dem strukturellen Aufbau.

Chondrite

Struktureller Aufbau durch Kügelchen (Chondren) gekennzeichnet, dadurch nicht mit Gesteinen der Erdkruste vergleichbar, meist etwas Nickeleisen enthaltend.
Sehr häufig.

5 Untergruppen nach den silikatischen Mineralen. Enstatit-, Olivin-Bronzit-, Olivin-Hypersthen- und Olivin-Pigeonit-Chondrit; ferner die seltenen kohligen Chondrite mit organischen Kohlenstoffverbindungen (u. a. Aminosäuren).

Achondrite

Ohne Kügelchen.
Gesteinen der Erdkruste und des Mondes durch den strukturellen Aufbau ähnlich.
Selten.

7 Untergruppen nach den silikatischen Mineralen (auch Al-Silikate beteiligt). Eukrit (Howardit), Aubrit, Diogenit; sehr selten Angrit, Nakhilit, Chassignit, Ureilit.

Ferner:

Glasmeteorite (Tekitte)

Wegen abweichender Beschaffenheit, Materialherkunft und Entstehung (Schmelzprodukte von Riesenmeteoriten-aufschlägen) im Text nicht berücksichtigt.

den Arten der Bronzitchondrite und der Hypersthenchondrite bei Alterswerten von 5 bzw. zwischen 40 und 200 Millionen Jahren. Der Zerlegungsprozeß ist deshalb anscheinend nicht einmalig gewesen, eventuell waren es auch mehrere Ausgangskörper.

Alle Arten von Informationen zusammengekommen ergeben eine starke Differenziertheit der von jedem einzelnen Meteoriten zu erhaltenden Aussagen, die verwendet werden müssen, um bei der Erforschung des Kosmos weiter vorzudringen. So ist es verständlich, daß jeder Neufund eines Meteoriten zur Erweiterung der Materialbasis höchst willkommen ist. Es muß das Ziel sein, möglichst viele Neufunde der Wissenschaft zugänglich zu machen.

Die organisierte Einbringung außerirdischen Materials durch die Raumfahrt dient dem gleichen Ziel. Es entsteht die Frage, ob die Meteoritenforschung hierdurch überflüssig wird. Das trifft aber keineswegs zu, da die Raumfahrt nur Material von der Oberfläche bzw. oberflächennahen Teilen großer Himmelskörper liefern kann. Große erkaltete Körper ähnlich der Erde besitzen sicher einen Schalenbau mit einer stofflichen Gliederung. Von den Eisenmeteoriten wird meist angenommen, daß sie aus großen Tiefen eines erkalteten Körpers stammen, da nur dort ihre höchst grobkörnige Struktur entstanden sein kann. Die Meteorite können andererseits zu einem Teil auch grundsätzlich andere Entstehung haben und aus Fernen stammen, die der Raumfahrt vorerst unerreichbar sind. Die verschiedenen Quellen für das Material zur Erforschung des Kosmos, Meteorite, Raumfahrtmaterial und das Material der Erdkruste, ergänzen sich deshalb.

Bisher sind die weitaus meisten Meteorite von Personen beobachtet und gefunden worden, die keine fachliche Bildung bzw. Ausrüstung besitzen. Das hat einerseits die Auswirkung, daß Eisenmeteorite als Fundstücke eindeutig bevorzugt sind, da diese von Laien am ehesten als

Meteorite angesprochen werden, und daß andererseits genaue Angaben über die Flugbahn nur sehr selten existieren. Die Informationen, die aus der Flugbahn über die Herkunft der Meteorite gewonnen werden können, sind deshalb meist verlorengegangen. Angesichts der kurzen Zeitdauer vom Beginn des Aufleuchtens beim Eintritt in die Lufthülle der Erde, bis zum Auftreffen auf die Erdoberfläche (wenige Sekunden) ist das leicht verständlich. Erst von Überwachungssystemen, wie sie an einigen Stellen der Erde bereits aufgebaut sind, können in dieser Hinsicht Verbesserungen erhofft werden. Dabei bleibt überall die Mitarbeit der Bevölkerung — in der DDR vor allem von Amateurastronomen bzw. Mitgliedern der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes — bei der Beobachtung von Meteoritenfällen, bei der Bergung und Bekanntgabe an fachlich kompetente Stellen ein dringendes Bedürfnis.

Meldungen über Meteoritenbeobachtungen oder -funde, die in der Redaktion unserer Zeitschrift oder beim ZFA eingehen, werden sofort den zuständigen fachlichen Institutionen übermittelt.

Die Sternwarten der DDR

Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg

OMR Dr. KARL SIGMUND

Zentraler Fachausschuß Astronomie

Hoch am Steilufer der Mulde liegt in Eilenburg die Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“. Weithin über die Stadt ist die Hauptkuppel sichtbar und weithin ist der Name des Gründers und Leiters der Sternwarte, Edgar Otto, bekannt. In diesem Jahre konnte die Sternwarte ihren 40. Geburtstag feiern. Im Jahre 1931 gründete Edgar Otto seine Privatsternwarte, die Urania-Sternwarte in Eilenburg. Mühsam und schwer war ihr Aufstieg wie der Lebensweg ihres Leiters. Der Astronomie von Jugend auf verschrieben, hielt Edgar Otto an seinem Plan fest, eine gute, eine große Sternwarte für sich und für die Freunde der Astronomie zu bauen. Ungezählt sind die Vorträge, sind die Artikel in Tagespresse und Fachzeitschriften, in und mit denen er für unsere schöne Wissenschaft warb, über sie berichtete und sie förderte. Aber nicht nur Eilenburg weiß von der Arbeit Edgar Ottos zu berichten. Über Jahrzehnte hinaus geht seine Mitarbeit in den Vereinigungen der Amateur-Astronomen und auch heute noch, wo andere sich zur Ruhe setzen mögen, ist er aktives Mitglied des Zentralen Fachausschusses Astronomie im Deutschen Kulturbund, ist er Mitarbeiter im Bezirk und im Kreis, überall da, wo es um die Astronomie geht.

Erst in unserer Republik wurde ihm jene staatliche Förderung zuteil, die er nach seiner Arbeit und seinem Können verdiente: 1964 wurde aus der privaten Urania-Sternwarte die Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ mit der Satelliten-Beobachtungsstation.

Viele Ehrungen erhielt er für seine Tätigkeit, aber am meisten hat er sich wohl über den Dank gefreut, den ihm jene Freunde der Astronomie aussprachen, denen er mit Rat und Tat immer zur Seite stand und denen er aus seinem reichen Erfahrungsschatz gern und uneigennützig Hilfe erwies.

Aus der kleinen Station der Urania-Sternwarte ist eine der bedeutendsten Volks- und Schulsternwarten unserer Republik geworden. Über 500 000 Mark beträgt heute der Wert der Gesamtanlage. 4 Angestellte und 5 ehrenamtliche Mitarbeiter betreuen die weitläufige Anlage, die sich auch als Satellitenbeobachtungsstation (NKGg) 1184 (SAO) 0707 von den Tagen des ersten Sputniks am 4. 10. 1957 an einen Namen gemacht hat.

In erster Linie dient die Anlage heute der Volksbildung, wo sie ihrer Aufgabe im Astronomieunterricht, aber auch in der Lehrerausbildung und Lehrerweiterbildung, in der Veranstaltung von Ferienkursen und in der Betreuung von Schülerarbeitsgemeinschaften gerecht wird.



Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“, Eilenburg, Am Mansberg. Foto Vogt.

Still, aber nicht weniger wichtig sind die Arbeiten der regelmäßigen Vermessung von Satelliten und künstlichen Raumflugkörpern im Rahmen des Programms des NKG, des Astronomischen Rates der Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion und des Moonwatch Programms des Smithsonian Astronomical Observatory, Cambridge USA.

Die Aufgaben einer Volkssternwarte wie Vorträge, öffentliche Fernrohrbeobachtungen, Planetariumsvorführungen, Besichtigungen, Auskünfte und die Betreuung der astronomischen Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes, darüber hinaus die Arbeit mit der Urania und der Deutschen Astronautischen Gesellschaft gehören zum täglichen Arbeitspensum der Einrichtung.

Daneben laufen in aller Stille die tägliche Überwachung der Sonnentätigkeit im Rahmen der DARGESO für das internationale Sonnenprogramm in Zürich, die Registrierung und Beobachtung der Witterungsmerkmale und des geophysikalischen Zustandes der Hochatmosphäre wie der Polarlichter, der leuchtenden Nachtwolken und der Meteore. Aber auch die Überwachung und die Beobachtung eventueller Veränderungen auf dem Mond und auf den Planeten, wie die Himmelsüberwachung auf Kometen, Novae und andere Objekte der Stellarastonomie, visuell und fotografisch, gehören ebenso zum Aufgabenbereich wie die Unterstützung der Arbeit junger und älterer Freunde der Astronomie.

Für diese Tätigkeit steht ein Hauptgebäude mit 4 Geschäftsräumen, einer Bibliothek, einem Fotolabor, einer Ausstellungshalle und der Lehrmittelraum mit Archiv sowie ein Hörsaal mit 64 Klappstühlen und Stühlen mit Projektionsmöglichkeiten für Film und Dias zur Verfügung.

Das Zentrum der Sternwarte ist die Turmstation mit dem 150-mm-Refraktor unter der 3-m-Kuppel, die Satellitenstation mit Spezialfernrohren, Funkempfängern und Hilfsgeräten sowie die 6-m-Kuppel des Zeiss-Planetariums, das 40 Personen faßt und 1965 gebaut wurde. Weitere Fernrohre mit abfahrbaren Dächern, Astrokameras, Protuberanzfernrohre und Spektroskopansätze ergänzen das Instrumentarium; die Uhrenstation und schließlich die optisch-mechanische Werkstatt mit ihren technischen Hilfsmitteln ergänzen die große Anlage. Auch die Wohnung des Leiters der Sternwarte befindet sich auf dem Sternwartengelände.

Auch in Eilenburg bleibt die Zeit nicht stehen. Mit Stolz und Freude kann Edgar Otto auf das von ihm geplante und geschaffene Werk zurücksehen, mit Stolz und Freude aber auch in die Zukunft blicken, denn sein Sohn, dem Vater gleich in Beruf und Berufung, wird die Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ und die Satellitenbeobachtungsstation 1184 weiter führen.

Wir wünschen Edgar Otto anlässlich des 40jährigen Bestehens seiner Sternwarte sowie zu seinem 75. Geburtstag am 28. 10. 1971 noch viele gute Jahre, Schaffenskraft und Gesundheit und viel Freude an unserer gemeinsamen schönen Wissenschaft, seiner Sternwarte ein weiteres Gedeihen.

Name:

Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“
 Satellitenbeobachtungsstation 1184
 728 Eilenburg/Am Mansberg
 Ruf: Eilenburg 2380

Schriftverkehr über:

Edgar Otto, Leiter der Sternwarte

Hauptgeräte:

Refraktoren: 150/2250 mm in 3-m-Kuppel	Reflektoren: 200/1700 mm	Astrokamera: 72/250-mm Zeiß-Tessar
80/1200 mm	164/ 960 mm	100/300-mm Petzval
78/1120 mm		Zeiß- Mond- und
72/ 900 mm		Planetenkamera

Für die Satellitenvermessung: Satellitenfernrohre vom Typ AT 1 50/280 mm — Theodolit mit Typendruck 50/300 mm

Zeiß-Planetarium mit 6-m-Kuppel

Arbeitsgebiete:

Überwachung der Sonnentätigkeit im Rahmen der DARGESO — Satelliten-Vermessung seit 1957
 Beobachtung der Hochatmosphäre — Mond und Planeten einschließlich Sternbedeckungen durch den Mond
 Kometen — Novae

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung.

Mandelstam	4 N	156 E
-------------------	------------	--------------

Leonid I. (1879—1944), Sowjetischer Physiker, Professor der Universität Moskau; klassische Studien über die kombinierte Streuung des Lichtes; Radiointerferenz-Techniken; experimentelle Radioortung des Mondes.

Marci	22 N	169 W
--------------	-------------	--------------

Jan M. von Kronland (1595—1667), Böhmischer Physiker; Professor der Prager Universität; definierte die kinetische Bewegung des Lichtes als Ergebnis von Kompressionen und Expansionen; Forschungen auf dem Gebiet der Mechanik; Dispersion von Licht durch ein Prisma (noch vor Newton); Diffraction, Farben dünner Schichten.

Marconi	9 S	145 E
----------------	------------	--------------

Guglielmo (1874—1937), Italienischer Erfinder; erfand Apparate zur drahtlosen Telegraphie; Nobelpreis für Physik 1909; entwickelte praktische Anwendungsmöglichkeiten; Kurzwellen und Ultrakurzwellen-Ausendung.

Mariotte	29 S	140 W
-----------------	-------------	--------------

Edme (1620—1684), Französischer Physiker; Experimente über die Natur der Wärme, Kälte, des Lichtes, der Sicht, der Farbe, des Wassers; Hydrostatik und Hydraulik; beschäftigte sich mit der Natur von Regenbogen, Halos, Parhelia, Diffraction; „Mariotte'sches Gesetz“ (oft Boyle zugeschrieben).

Maunder	14 S	94 W
----------------	-------------	-------------

Annie S.D.R., (1868—1947), Englische Astronomin; Berechnungen am Königlichen Greenwich-Observatorium; Studium der Sonnenflecken, Katalog von Sterngruppen.

Maunder

Edward W. (1851—1928), Britischer Astronom; Leiter der Solarabtellung des Königlichen Greenwich-Observatoriums.

Mc Keller	16 S	171 W
------------------	-------------	--------------

Andrew (1910—1960), Kanadischer Astronom, Dom. Ap. Observatorium; Forschungen über Molekularspektren; Spektrum jüngerer Sterne und Kometen.

- McLaughlin** 47 N 93 W
Dean B. (1901–1965), USA Astronom; Professor der Universität Michigan; Forschungen über Novae, Be-Sterne, Mars.
- McMath** 15 N 167 W
Francis C. (1867–1938), USA Ingenieur und Amateur-Astronom; zusammen mit seinem Freund H. S. Hulbert und seinem Sohn Robert gründete er das McMath-Hulbert-Observatorium; war besonders aktiv bei der Entwicklung von Ausrüstungen für Filmaufnahmen von Sonnenfinsternissen und Sonnenprotuberanzen.
- McMath**
Robert R. (1891–1962), USA Astronom; Direktor des McMath-Hulbert-Observatoriums; Pionier der Filmaufnahmen von Sonnenphänomenen; Entwurf und Konstruktion von Teleskopen; Infrarotspektroskopie.
- McNally** 22 N 127 W
Paul A. S. J. (1890–1955); USA Astronom; Direktor des Georgetown-Observatoriums; neblige Gebiete des Himmels; Barnard'sche Dunkelflecken; variable Sterne; Mondfinsternisse; Kalenderreform; Sonnenfinsternisse.
- Mees** 14 N 96 W
C. E. Kenneth (1882–1960), Britisch-amerikanischer Photograph; Eastman Kodak Co., organisierte deren Forschungslaboratorium; Forschungen über photographische Prozesse, panchromatische Schichten; Lichtfilter für Photographie.
- Meggers** 24 N 123 E
William F. (1888–1968), USA Physiker; Chef der Abteilung für Spektroskopie des nationalen Standardisierungsbüros; Forschungen über Spektroskopie; Tabellen von Wellenlängen und Spektrallinienintensitäten.
- Meitner** 11 S 113 E
Lise (1878–1968), Österreichische Physikerin; Leiterin der Physik-Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie; entdeckte Thorium C, Protoactinium; Kernisomerie; Uranspaltung und Voraussage der Kettenreaktion.
- Mendel** 49 S 110 W
Gregor J. (1822–1884), Österreichischer Biologe; entdeckte die bestimmenden und unterdrückten Charakteristika in Erbsenpflanzen; erste Entdeckung der Kreuzung durch Gebrauch von kontrollierter Bestäubung und statischer Analyse, die Basis der modernen Genetik.
- Merrill** 75 N 116 W
Paul W. (1887–1961), USA Astronom, Mt. Wilson Observatorium, Forschungen über die Wellenlängen von Spektrallinien, rote und infrarote Photographie; rote Sterne; interstellare Materie; entdeckte Technetium in Sternen des S-Typs.
- Mesentsev** 72 N 129 W
Yuri B. (1929–1965), Sowjetischer Raketenwissenschaftler; Triebwerkskonstrukteur, arbeitete Methoden für die Unterdrückung von hochfrequenten Druckschwingungen in Maschinen aus.
- Mescherski** 12 N 125 E
Ivan V. (1859–1935), Russischer Mathematiker; höhere Mathematik; allgemeine Theorie der Bewegung von Körpern mit variablen Massen; Gleichungen der Raketendynamik.
- Metchnikoff** 11 S 149 W
Elie T. (1845–1916), Russisch-Französischer Bakteriologe; Direktor des Pasteur-Instituts Paris; Nobelpreis für Medizin und Physiologie 1908; grundlegende Forschungen über Infektionskrankheiten; Gerontologie; Immunität.
- Michelson** 6 N 121 W
Albert A. (1852–1931), Deutsch-amerikanischer Physiker; Professor der Universität Chicago; maß die Lichtgeschwindigkeit mit extrem hoher Genauigkeit, half die Äther-Theorie zu entkräften; erfand das Interferometer und maß Sternendurchmesser, Alpha Orionis; determinierte das Meter als Vielfaches der Wellenlänge der Cadmium-Linie.
- Milanković** 77 N 170 E
M. (1879–1958), Jugoslawischer Astronom; bekannt durch eine Theorie der Eiszeiten sowie Berechnungen der Folgen beim Verändern von Bahnparametern der Erde; Himmelsmechanik.

Millikan	47 N	121 E
Robert A. (1868 – 1953), USA Physiker; Direktor des Norman Bridge-Laboratoriums für Physik, Cal. Techn.; Nobelpreis 1923; Forschungen über Röntgenstrahlen und freie Ausdehnung von Gasen; maß die Elementarladung; Ionisationskammer; kosmische Strahlen; Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums; photoelektrischer Effekt.		
Mills	9 N	156 E
Mark M. (1917 – 1958), USA Physiker und Raketenwissenschaftler, mit J. W. Parsons verantwortlich für die Entwicklung von festen Raketentreibstoffen; Pionier bei der Erschließung technischer Anwendungen der Kernenergie für Raketenantriebe; Mitautor von „Physics of Rockets“ 1945, für einige Jahre ein Standardwerk.		
Milne	31 S	113 E
E. Arthur (1896 – 1950), Britischer Mathematiker und Astrophysiker; Professor der Universität Oxford, Forschungen über Sternatmosphären; Dynamik und Elektrodynamik; kinetische Relativität; Sterneninneres.		
Mineur	25 N	162 W
Henri (1899 – 1954) Französischer Mathematiker; Astronom; Direktor des Instituts für Astrophysik Paris; Relativität; Relativität; Entwicklung von Doppelsternen; Mechanik variabler Massen; Sternbewegungen; interstellare Absorption; Himmelsmechanik.		
Minkowski	56 S	145 W
Hermann (1864 – 1909), Deutscher Mathematiker; Professor, Zürich, Göttingen; bereite die mathematische Basis für die allgemeine Relativitätstheorie vor, besonders in seiner vierdimensionalen Mathematik; geometrische Methoden für die Zahlentheorie.		
Mitra	18 N	155 W
S. K. (1890 – 1963), Indischer Physiker; Professor, Calcutta; Radioastronomie, Ionosphäre.		
Möbius	16 N	101 E
August F. (1790 – 1868), Deutscher Mathematiker, Astronom; Professor der Universität Leipzig; einer der Gründer der Topologie (entwickelte eine mathematische Figur, die als „Möbius-Streifen“ bekannt ist); führend bei der Anwendung moderner geometrischer Projektionsmethoden.		
Mohorovičić	19 S	165 W
Andrija (1857 – 1936), Kroatischer Geologe; schlußfolgerte aus dem Studium von Wellenmustern bei Erdbeben, daß die Erde in Schichten mit scharfer Trennung zwischen diesen Schichten aufgebaut ist (Mohorovičić-Diskontinuität).		
Moiseev	9 N	103 E
Nikolai D. (1902 – 1955), UdSSR-Astronom; Professor der Universität Moskau; Direktor des Sternberg-Instituts; Himmelsmechanik; Stabilitätstheorie.		
Montgolfier	47 N	160 W
Jacques E. (1745 – 1799), Französischer Erfinder; erbaute 1783 mit seinem Bruder Joseph den ersten funktionierenden, Menschen tragenden Ballon, der durch erhitzte Luft betrieben wurde.		
Montgolfier		
Joseph M. (1740 – 1810), Französischer Erfinder, erfand den Fallschirm.		
Moore	37 N	178 W
Joseph H. (1878 – 1949), USA Astronom, Direktor des Lick-Observatoriums; Sternenspektroskopie, Radialgeschwindigkeiten; Sonnenfinsternisse; Mondphotographie.		
Morozov	5 N	127 E
Nikolai A. (1854 – 1945), Sowjetischer Naturforscher; Studien über Mathematik, Meteorologie, Geschichte, Chemie, Physik und Astronomie; Ehrenmitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.		
Morse	22 N	175 W
Samuel F. B. (1791 – 1872), Amerikanischer Erfinder; erfand den elektromagnetischen Schreibtelegraphen, Sende- und Empfangsapparate, Morse-Code.		

Moulton	61 S	97 E
Forest R. (1872–1952), USA Astronom; Professor der Universität Chicago; Forschungen mit Chamberlin über die Planetesimal- oder Spiralnebelhypothese des Ursprungs des Sonnensystems.		
Nagaoka	20 N	154 E
Hantaro (1865–1950), Japanischer Physiker; Professor der Universität Tokyo; ein Begründer der japanischen Physik; Forschungen über Spektroskopie, Elektromagnetismus, atomare Spektren; Zeeman-Effekt in schwachen Feldern.		
Nassau	25 S	177 E
Jason J. (1892–1965), USA Astronom; Professor des Case Instituts für Technik; Direktor des Warner und Swasey Observatoriums; Forschungen über Sternenspektren und die galaktische Struktur.		
Nernst	36 N	95 W
Walther H. (1864–1941), Deutscher Physiko-Chemiker; Professor der Universität Göttingen, Berlin; Direktor des Instituts für Experimentelle Physik; entwarf die Theorie des elektrischen Potentials und der Leitung in elektrolytischen Lösungen; entwickelte das 3. thermodynamische Gesetz.		
Neujmin	27 S	125 E
Grigory N. (1885–1946), Sowjetischer Astronom; Direktor des Pulkowo-Observatoriums; Astrophotographie; Asteroiden und periodische Kometen.		
O'Day	31 S	157 E
Marcus (1897–1961), USA Raketenbauer, Physiker; Urheber des „blossom“- Fallschirm-Programms zur Rückführung von Raketen und anderen Raumfahrzeugen. Cambridger Forschungslaboratorien der Air Force, nahm aktiv an der Gründung des Sacramento Peak-Observatoriums teil.		

Fortsetzung folgt.

Auch Jelena Ljubimowa, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, vertrat auf dem Moskauer Kongreß die Theorie vom heißen Mond und entwarf auf Grund gegenwärtiger Kenntnisse folgendes Bild vom Aufbau des Erdtrabanten: Die obere Rinde ist rund elf Kilometer stark und besteht aus Basalt vom Anorthosit-Typ (auf der Erde sehr selten zu finden); außerdem gibt es einen äußeren und einen inneren Mantel und schließlich einen inneren Mantel und schließlich einen Kern. Sein Radius könnte etwa 300 km betragen. Die Masse des Kerns ist im Vergleich zur ganzen Masse des Mondes verschwindend gering. ND.

Schwerefeldanomalien des Mondes durch Mascons

Wissenschaftler zählen gegenwärtig die sogenannten Mascons zu den interessantesten Erscheinungen auf dem Mond. Unter Mascons versteht man sogenannte Massekonzentrationen (englisch: mass concentrations), die von Mondsatelliten besonders über den Gebieten der Mondmeere festgestellt wurden. Derartige Massekonzentrationen beeinflussen die Flugbahn von Mondsatelliten. Die Flugbahnen veränderten sich, weil solche Masseanomalien eine stärkere Anziehungskraft auf die den Mond umkreisenden Flugkörper ausüben, als die übrigen Gebiete des Erdtrabanten. Derartige Anomalien treten auf, wenn sich riesige Mengen besonders dichter Gesteine an bestimmten Stellen konzentriert haben. Die Masseansammlungen können den Flug -- so heißt es in einem Bericht der Presseagentur Nowosti -- künstlicher Mondsatelliten derart stören, daß nicht nur das Flugprogramm, sondern unter Umständen das gesamte Mondexperiment gefährdet wird. Andererseits ist ein mit entsprechenden Geräten ausgerüsteter Mondsatellit geeignet, die Anomalienzentren exakt zu vermessen.

Die Gravitationsbeschleunigung über dem Meer des Regens in 100 km Höhe liegt erheblich über dem normalen Wert. Das Gewicht der hier vermuteten überdurchschnittlich schweren Gesteine soll etwa zwei Hunderttausendstel der Mondmasse betragen. Es dürfte kein Zufall gewesen sein, daß gerade das Meer des Regens Ziel des Luna 17-Experiments gewesen ist. Über 300 Tage untersuchte hier Lunochod 1 einen ausgedehnten Geländestreifen.

Die Frage nach der Entstehung der Mascons konnte bisher nicht völlig geklärt werden. Die früher geäußerte Annahme, daß die überschüssigen Massen gewaltige Meteoriten seien, die einst auf dem Mond einschlugen und riesige Krater hinterließen, scheint überholt zu sein. Das zeigten die entsprechenden Diskussionen auf der kürzlich in Moskau zu Ende gegangenen XV. Vollversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik.

Mascons sind nach Ansicht der meisten Wissenschaftler die Folge physikalisch-chemischer Umwandlungen im Mondinneren, heißt es in einem Nowosti-Bericht. Die Mascons entstanden, als dichte Basaltlava an die Oberfläche drängte, die Mondmeere füllte und hier erstarrte. Tatsächlich wurden an der Oberfläche der Mare basaltähnliche Gesteinsarten gefunden, deren Dichte größer ist als die der meisten Erdbasalte.

Fortsetzung 3. Umschlagseite

MITTEILUNGEN

DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF



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

Hybride Raketentriebwerke

Dipl.-Ing. M. SACHSE

1. Einleitung

Hybride Raketentriebwerke gehören der Kategorie der chemisch-thermischen Raketenantriebe an und sind dadurch gekennzeichnet, daß eine der beiden Treibstoffkomponenten in flüssiger und die andere in fester Form verwendet wird. Man bezeichnet sie auch als lithergole oder als Zwitter-Triebwerke. In der Regel liegt der Sauerstoffträger in flüssigem Zustand vor, während der Brennstoff ein Feststoff ist.

Über Raketenmotoren, die mit flüssigem Brennstoff und festem Sauerstoffträger arbeiten – in diesen Fällen wird von inversen Hybridtriebwerken gesprochen – ist bisher nur wenig bekannt geworden. Sie sollen daher hier nicht berücksichtigt werden.

Der Hybridantrieb vereinigt in sich die Vorteile der Flüssigkeits- und der Feststoff-Raketenantriebe. So können einerseits hochenergetische feste Brennstoffe, die sich durch einfache Handhabung und wertvolle physikalische Eigenschaften auszeichnen, eingesetzt werden; andererseits bietet die Verwendung eines flüssigen Sauerstoffträgers den Vorteil guter Regelbarkeit und die Möglichkeit intermittierenden Betriebes. Besonders einfach gestalten sich die Verhältnisse bei hypergolen Treibstoffkombinationen, da dann besondere Zündeinrichtungen nicht erforderlich sind.

Die flüssige Treibstoffkomponente kann zur regenerativen Kühlung der thermisch hochbeanspruchten Triebwerkteile herangezogen werden. Dadurch lassen sich die Zuverlässigkeit und, falls erforderlich, auch die Lebensdauer des Raketenmotors steigern.

Ihre universelle Verwendbarkeit und hohe Funktionssicherheit haben den Hybridtriebwerken bereits ein breites Anwendungsgebiet erschlossen. An ihrer Weiterentwicklung und Vervollkommenung wird ständig gearbeitet, wobei neben den Problemen des Einsatzes hochenergetischer Treibstoffe die Senkung der Fertigungskosten im Vordergrund steht. Es ist zu erwarten, daß Hybridmotoren künftig auch in solche Aufgabenbereiche Eingang finden werden, die heute noch ausschließlich den Flüssigkeitstriebwerken vorbehalten sind.

2. Aufbau und Funktionsweise

Der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise eines hybriden Raketentriebwerks gehen aus Abb. 1 hervor. Aus dem Behälter 1 strömt Druckgas in den Tank 2 und fördert den flüssigen Oxidator über das Ventil 3 in die Brennkammer 4. In der Brennkammer ist der feste Brennstoff untergebracht. Reagieren beide Treibstoffkomponente nicht hypergol miteinander, so wird der Verbrennungsvorgang durch Fremdzündung eingeleitet.

Mit Hilfe des Ventils 3 kann die zugeführte Oxidatormenge variiert und gegebenenfalls unterbrochen werden. Auf diese Weise läßt sich der Betrag des Schubvektors den jeweiligen Erfordernissen anpassen und das Triebwerk abschalten und wieder zünden. In Abb. 2 sind einige Schub-Zeit-Kurven wiedergegeben, die mit Hybrid-Triebwerken realisierbar sind und für deren Flexibilität charakteristisch sind.

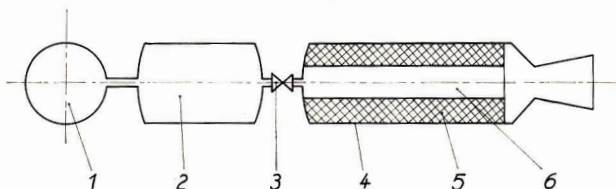


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines Hybridtriebwerkes.

1 Behälter mit Druckgas – 2 Tank mit flüssiger Treibstoffkomponente – 3 Ventil – 4 Brennkammer – 5 Brennsatz
6 Brennkana

Für die Funktionssicherheit eines hybriden Raketenmotors ist es vor allem während des Anfahrvorgangs von großer Wichtigkeit, daß der Oxidator mengenmäßig genau dosiert und in fein zerstäubter Form in die Brennkammer gelangt. Wird eine zu große Sauerstoffträgermenge eingespritzt, oder ist der Durchmesser der Flüssigkeitströpfchen zu groß, so reicht die Verbrennungswärme zu ihrer restlosen Verdampfung nicht aus. Infolgedessen bildet sich auf der Brennstoffoberfläche ein flüssiger Oxidatorfilm, der den Verbrennungsvorgang zum Erliegen bringt. Das Triebwerk „erlischt“. Man verwendet daher bereits in vielen Fällen Einspritzmen-

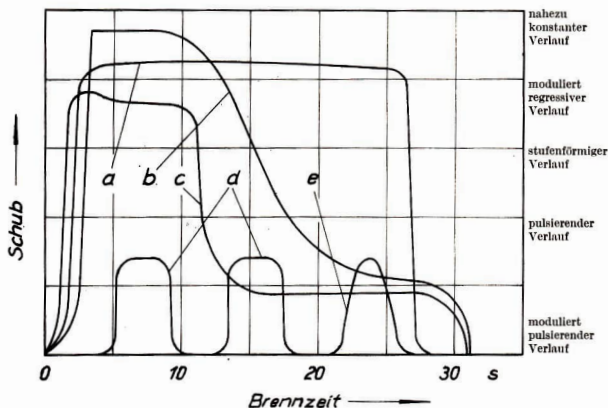


Abb. 2: Verschiedene Schub-Zeit-Kurven für Hydrotreibstoffe [1].

genregler, die die zugeführte Oxidatormenge in Abhängigkeit vom Brennkammerdruck dosieren [2].

Der Brennsatz hat meist die Form eines Zylinders, der von einem oder mehreren axialen Brennkämen durchzogen wird. Er schützt große Teile der Brennkammerwandung vor der direkten Einwirkung der Feuergase, wodurch die thermische Belastung des Werkstoffs, die Energieverluste und die erforderliche Kühlkapazität verringert werden. Unregelmäßigkeiten im Brennsatz wie z. B. Risse, Lunker oder Auskolkungen, sind beim Hybridtriebwerk weit weniger problematisch als beim Feststofftriebwerk und führen nur in den seltensten Fällen zur Explosion.

Ein artspezifisches Problem der Hybridmotoren besteht darin, daß dort, wo der flüssige Oxidator auf die Brennstoffoberfläche auftrifft, eine starke Erosionswirkung zu verzeichnen ist. Diese Erscheinung führt zu einer lokalen Steigerung der Abbrandgeschwindigkeit, so daß Auswaschungen im Brennsatz entstehen. Verändert man die Zusammensetzung des Brennstoffes in der gefährdeten Zone dahingehend, daß er dort eine erhöhte mechanische Widerstandsfähigkeit besitzt, so läßt sich dadurch der Einfluß der Erosion auf die Abbrandgeschwindigkeit weitgehend ausgleichen und ein nahezu gleichmäßiger Abbrand erzielen.

Versuche mit Fenstertriebwerken haben gezeigt, daß in der Hybrid-Brennkammer ein geschichteter Strömungsverlauf vorliegt und die beiden Treibstoffkomponenten daher nur unvollständig miteinander reagieren. Es stellt sich ein zu niedriger Brennkammerdruck ein, und der Verbrennungswirkungsgrad ist schlecht. Eine wirksame Verbesserung kann erreicht werden, wenn die Schichtströmung durch geeignete Maßnahmen zerstört und für eine innige Durchmischung und Verwirbelung der strömenden Partikel Sorge getragen wird. Zu diesem Zweck setzt man entweder in den oberen Abschnitt des Brennkamms eine Blende ein, oder man ordnet eine mit mehreren Bohrungen versehene sogenannte Wirbel- oder Mischscheibe am schubdüsenseitigen Brennsatzende an und läßt die eigentliche Brennkammer in eine Nachbrennkammer münden (Abb. 3).

Durch die erstgenannte Methode wird die angestrebte Verwirbelung der Oxidator- und der Brennstoffteilchen in der Brennkammer selbst erreicht. Im zweiten Fall findet dieser Vorgang erst am Brennkammerausgang statt; der Verbrennungsvorgang setzt sich in die Nachbrennkammer hinein fort.

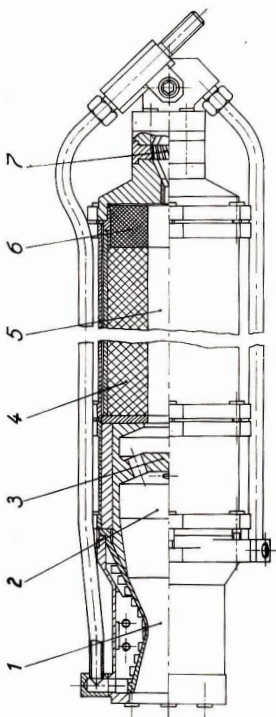
Auf diese Weise ist es – wie bekannt – bereits gelungen, Verbrennungswirkungsgrade von 0,95 zu erreichen [2].

3. Treibstoffe

Die Stellung der hybriden Treibstoffkombinationen in der Systematik der chemischen Raketentreibstoffe geht aus Abb. 4 hervor. Hinsichtlich des spezifischen Impulses lassen sich die Hybride zwischen den Flüssig- und den Festtreibstoffen einordnen. In der Gruppe der lagerfähigen Systeme stehen sie den flüssigen Treibstoffen kaum nach. Dagegen sind Hybride mit kryogenen, d. h. im Normzustand gasförmigen Oxidatoren den flüssigen kryogenen Treibstoffkombinationen deutlich unterlegen. Vergleicht man die Werte für die Impulsdichte miteinander, so erweisen sich lediglich die Feststoffe als den Hybridtreibstoffen ebenbürtig (Tabelle 1). Innerhalb der Gruppe der Hybridsysteme werden die höchsten Leistungen mit Treibstoffen erzielt, deren feste Komponente pulverförmige Metalle, wie z. B. Aluminium, Lithium oder Beryllium enthält. Man nennt sie daher hochenergetische Hybride. Diese Bezeichnung ist auch für alle Treibstoffkombinationen, die einen fluorhaltigen Oxidator verwenden, gebräuchlich. Der praktischen Anwendung dieser Systeme steht noch eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen. Z. B. wirken ihre Verbrennungsprodukte sehr stark korrodierend. Die Werkstoffauswahl für die Bauteile der Brennkammer, die nicht durch den Brennsatz geschützt werden, und für die Düse ist daher problematisch. Außerdem sind im Abgasstrahl in hohem Maße gesundheitschädigende Bestandteile enthalten, so daß eine Verwendung in Startstufen kaum möglich sein wird. Prüfstände für derartige Triebwerke können nur in unbewohnten Gebieten errichtet oder müssen mit aufwendigen Gaswaschanlagen ausgerüstet werden [3].

In vielen Fällen wird von den Hybrid-Treibstoffen hypergoles Zündverhalten gefordert. Auf

Abb. 3:
Schnittdarstellungen eines kleinen
Hybridmotors für Versuchs-
zwecke [2]



- 1 Regenerativ gekühlte Schubdüse
2 Nachbrennkammer
3 Wirbel- und Mischscheibe
4 Brennsatz
5 Brennkanal
6 Brenneinsatz mit erhöhter mechanischer Widerstandsfähigkeit
7 Drahtversäuber

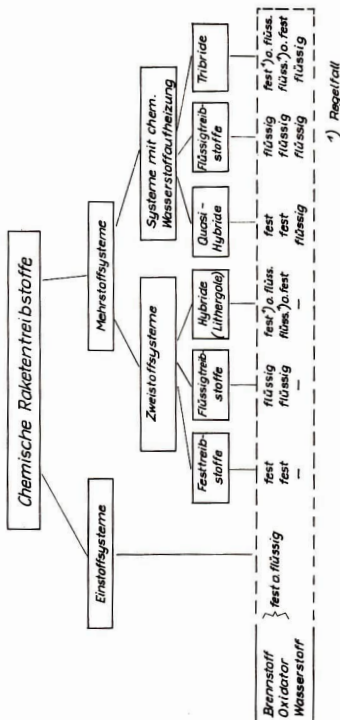


Abb. 4:
Vereinfachte Systematik der Ra-
ketentreibstoffe.

Tabelle 1:

Übersicht über Impulsgrößen einiger fester, flüssiger und hybrider Treibstoffkombinationen [1]

Treibstoffzustand	Zusammensetzung	Spezifischer Impuls ⁴⁾ [kps · kg ⁻¹]	Impulsdichte ⁴⁾ [kps · dm ⁻³]
fest ²⁾	Ammonium-Perchlorat, Al und Plastik	267	455
	Ammonium-Perchlorat, LiBe und Plastik	290	377
	NO ₃ H-UDMH ¹⁾	276	348
flüssig ²⁾	NO ₃ H · N ₂ H ₄	283	362
	N ₂ O ₄ · UDMH	285	336
	N ₂ O ₄ · N ₂ H ₄	292	356
	H ₂ O ₂ · UDMH	278	345
	H ₂ O ₂ · N ₂ H ₄	282	355
	ClO ₃ F · N ₂ O ₅	295	360
	N ₂ O ₄ · B ₅ H ₉	306	337
	H ₂ O ₂ · B ₅ H ₉	312	311
	ClF ₃ · N ₂ H ₄	294	444
	hybrid ²⁾	H ₂ O ₂ · Al und Plastik	289
NO ₃ H · Al und Plastik		273	414
ClO ₄ NO ₂ · N ₂ H ₄		295	428
ClF ₃ · HLi		293	445
CLF ₃ · Li		318	369
N ₂ O ₄ · H ₂ Be		351	530
H ₂ O ₂ · H ₂ Be		375	566
flüssig ³⁾	O ₂ · H ₂	391	109
	O ₂ · N ₂ H ₄	335	365
	F ₂ · H ₂	410	185
	F ₂ · N ₂ H ₄	363	476
	O ₂ · F ₂ · UDMH	345	396
hybrid ³⁾	F ₂ · LiH	363	476
	F ₂ · O ₂ und Plastik	343	412
	F ₂ · H ₂ Be	395	604
	O ₂ H ₂ Be	371	486
	F ₂ · AlH ₃	353	551

¹⁾ Unsymmetrisches Dimethylhydrazin — ²⁾ lagerfähig — ³⁾ kryogen, d. h. im Normzustand gasförmig — ⁴⁾ unter Standardbedingungen am Boden.

den damit verbundenen Vorteilen — Vereinfachung der Triebwerkkonstruktion durch den Wegfall besonderer Zündeinrichtungen — ist bereits hingewiesen worden. Der Zündverzöger, den man als den Zeitschnitt zwischen dem Eintritt des ersten Flüssigkeitsteilchens in die Brennkammer und der Entflammung definiert, soll möglichst klein sein, damit sich vor der Zündung keine größeren Flüssigkeitsmengen im Brennkanal ansammeln können. Bei der Verwendung fluorhaltiger Oxidatoren liegen die Zündverzögerwerte in den meisten Fällen unterhalb 25 ms. Für Treibstoffkombinationen mit HNO_3 oder N_2O_4 als flüssiger Komponente können sie bis auf einige Sekunden ansteigen [4].

Ein wesentlicher Vorteil der Hybride gegenüber den Festtreibstoffen besteht darin, daß ihre Produktion weit weniger gefährlich und problematisch ist. Da der Treibsatz eines Feststoffmotors sowohl den Brennstoff als auch den Sauerstoffträger enthält, müssen bei seiner Verarbeitung umfangreiche Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Die Treibstoffkomponen-

ten eines Hybridmotors treffen dagegen erst in der Brennkammer zusammen, so daß die Gefahr unkontrollierbarer Reaktionen während der Herstellung nicht besteht.

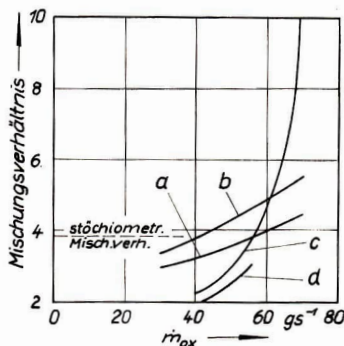
Für das Leistungsvermögen einer Treibstoffkombination ist neben deren chemischer Zusammensetzung das Mischungsverhältnis der Komponenten maßgebend. Abb. 5 zeigt, daß der Triebwerkschub für einen bestimmten Wert des Mischungsverhältnisses ein Maximum erreicht. Dieser Wert wird der Auslegung des Raketenmotors zugrunde gelegt. Soll der Motor im Teillastbereich, also mit verringertem Schub, betrieben werden, so hat man bei Flüssigkeitstriebwerken die Möglichkeit, sowohl den Oxidator- als auch den Brennstoffdurchsatz so zu drosseln, daß das optimale Mischungsverhältnis erhalten bleibt. Bei Hybridmotoren besteht diese Möglichkeit nicht. Hier kann lediglich der Oxidatordurchsatz verringert werden. Dadurch verändert sich zwar auch der Brennstoffdurchsatz, das optimale Mischungsverhältnis aber bleibt nicht erhalten (Abb. 6). Die Ursache für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß zwischen dem Oxidatordurchsatz und der auf die Brennsatzoberfläche übertragenen Wärmemenge, die ihrerseits die Abbrandgeschwindigkeit beeinflußt, keine lineare Abhängigkeit besteht.

Das Mischungsverhältnis kann während des Teillastbetriebes korrigiert werden, indem man den Feuergasen am düsenseitigen Brennkammerende zusätzlich Oxidatorflüssigkeit zuführt. Allerdings sind damit Zugeständnisse an die Einfachheit des Triebwerksaufbaues verbunden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen Treibstoff zu verwenden, dessen Leistungsvermögen innerhalb des Betriebsbereiches nur in geringem Maße vom Mischungsverhältnis abhängig ist. Sie dürfte sich aber nur selten nutzen lassen, da bei der Treibstoffwahl in den meisten Fällen andere Gesichtspunkte dominierend sind [5].

Abb. 6:
Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses

Oxidator: Brennstoff vom Oxidatordurchsatz bei verschiedenen Brennsatzlängen und Brennkanalfigurationen [3]

- a Zylindrischer Brennkanal, 260 mm lang
 - b Zylindrischer Brennkanal, 205 mm lang
 - c Brennkanal mit sternförmigem Querschnitt, 200 mm lang
 - d Brennkanal mit sternförmigem Querschnitt, 260 mm lang
- Treibstoffkombination: FLOX/Polyäthylen



4. Tribride und quasi-hybride Raketentriebwerke

Große Aufmerksamkeit wird seit einigen Jahren den Treibstoffkombinationen mit chemischer Wasserstoffaufheizung gewidmet. Sie sind gegenwärtig die leistungsfähigsten chemischen Raketentreibstoffe. Es handelt sich dabei um Systeme, die neben den beiden Komponenten Brennstoff und Oxidator als dritten Bestandteil flüssigen Wasserstoff enthalten. Sie lassen sich von allen drei Gruppen der Zweistoffsysteme — den Flüssigtreibstoffen, den Hybriden und den Festtreibstoffen — ableiten und werden dementsprechend in Dreikomponenten-Flüssigtreibstoffe, Tribride und Quasi-Hybride unterteilt (Abb. 4).

Unter Tribriden versteht man somit Treibstoffkombinationen, die aus den Hybriden dadurch

entstanden sind, daß neben dem festen Brennstoff und dem flüssigen Oxidator als dritte Komponente flüssiger Wasserstoff verwendet wird.

Die quasi-hybriden Triebwerke dagegen sind eine Modifikation der Feststoffmotoren. Brennstoff und Oxidator liegen in fester Form vor. Lediglich der Wasserstoff wird in die Brennkammer eingespritzt. Daß man in der Terminologie der Raketentechnik eine Antriebsart, die nicht aus den Hybrid-, sondern den Feststofftriebwerken hervorgegangen ist, als quasi-hybriden Antrieb bezeichnet, mag, vom Standpunkt einer exakten Begriffsbildung aus gesehen, wenig sinnvoll erscheinen. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß sowohl beim Hybrid-, als auch beim Quasi-Hybridmotor eine der Treibstoffkomponenten in flüssigem Zustand verwendet wird und sich infolgedessen beide Triebwerkarten in konstruktiver Hinsicht weitgehend ähneln.

Betrachtet man das Leistungsvermögen der Treibstoffsysteme mit chemischer Wasserstoffaufheizung, so nehmen die Tribride hinter den Dreikomponenten-Flüssigtreibstoffen die zweite und die Quasi-Hybride die dritte Stelle ein. Selbst leistungsfähige Zweikomponenten-Flüssigtreibstoffe werden von den Tribriden übertroffen. Die Quasi-Hybride sind ihnen dagegen unterlegen (Tabelle 2).

Tabelle 2:

Übersicht über den theoretischen spezifischen Impuls von Tribriden und Quasi-Hybriden im Vergleich zu anderen Kombinationen [6]

System	$I_{sp, th}$ [kps · kg ⁻¹]	
	Gleich-	Erstarrte Strömung
Tribride:		
O ₂ /Be/H ₂	565	549
O ₂ , F ₂ /Be, 10 %		
LiH/H ₂	557	533
F ₂ /LiH/H ₂	509	473
O ₂ /Al/H ₂	491	480
Quasi-Hybride:		
AP ¹⁾ , Li, Be/H ₂	465	448
AP, Li, Al/H ₂	400...410	—
Zweikomponenten-Flüssigtreibstoffe:		
F ₂ /H ₂	493	466
O ₂ /H ₂	481	448
Hybride:		
F ₂ /LiH	442	374
F ₂ , O ₂ /Polyäthylen	413	353

¹⁾ Ammonium-Perchlorat

Triebwerks verlief zufriedenstellend [8]. Ebenfalls vom UTC wurden mehrere Projekte leistungsfähiger Hybridmotoren mit Schüben von 18, 118 und 1400 Mp für Erststufen erarbeitet.

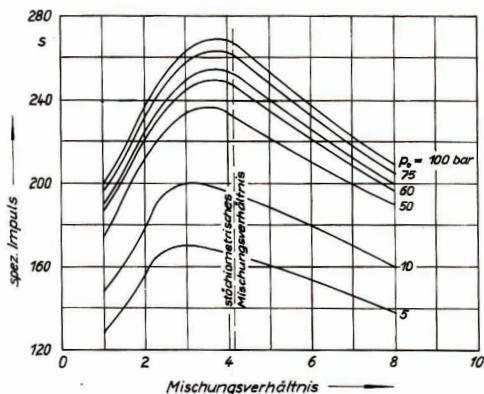
5. Anwendung

Die Vielfalt der Aufgabenstellungen der Weltraumfahrt führt zu einer breiten Palette allgemeiner und spezieller Forderungen an die Antriebssysteme. Der Hybridantrieb wird auf Grund seiner wertvollen Eigenschaften — hohe Zuverlässigkeit, gute Regelbarkeit und einfacher konstruktiver Aufbau — einem großen Teil dieser Forderungen gerecht.

Hybride Raketenmotoren können sowohl in schubstarken Startstufen eingesetzt, als auch für Bahninjektionen, Bahnkorrekturen, Rendezvousvorhaben und interplanetare Raumfahrtmissionen eingesetzt werden [7]. Auch für die Durchführung von Abstiegs- und Landemanövern sind sie geeignet. So sah z. B. ein Projektvorschlag die Verwendung eines Hybridtriebwerks für die Mondlandefähre des Apollo-Systems vor [1].

In den USA arbeitet man intensiv daran, die Nutzmassenkapazität der Trägeraketentypen Atlas, Delta und Titan durch die Verwendung neuer, leistungsfähigerer Oberstufen zu erhöhen. Es ist geplant, diese Oberstufen mit Hybrid-Triebwerken auszurüsten. Zu diesem Zweck entwickelte das United Technical Center (UTC) einen Hybridmotor, der für einen Schub von 7200 kp bei 80 s Brenndauer ausgelegt ist. Als Oxidator wird ein Gemisch aus Fluor und Sauerstoff (FLOX) verwendet, der Brennsatz besteht aus Lithium, Lithiumhydrid und Polybutadien. Das Mischungsverhältnis der Treibstoffkomponenten beträgt 2,8. Die bisherige Erprobung des

Abb. 5:
Abhängigkeit des
spezifischen
Impulses vom
Mischungs-
verhältnis
Oxidator:
Brennstoff für eine
schwedische
Hybrid-Treibstoff-
kombination [4].



Untersuchungen haben gezeigt, daß sich die massenspezifischen Herstellungskosten für eine Raketenstufe mit Hybridantrieb gegenwärtig auf durchschnittlich 5,27 Dollar/kg belaufen. Es wird jedoch für durchaus möglich gehalten, diesen Aufwand durch die Anwendung modernster Fertigungsverfahren in absehbarer Zeit um etwa 1,7 Dollar/kg zu verringern [9]. Auch von militärischer Seite bringt man den Hybrid-Triebwerken großes Interesse entgegen. Als Antriebe für Artillerieraketen, Überschall-Zielflugkörper und Raketen der Klassen Luft-Luft und Luft-Boden haben sie ihre Eignung bereits unter Beweis gestellt [9, 10]. Über einen Einsatz in interkontinentalen ballistischen Raketen ist dagegen bisher nichts bekannt geworden.

6. Zusammenfassung

Hybride Raketentriebwerke arbeiten mit einer festen und einer flüssigen Treibstoffkomponente. Daraus leitet sich eine Reihe von Vorteilen gegenüber den Flüssigkeits- und den Feststofftriebwerken ab.

Metallisierte und fluorhaltige Treibstoffe erbringen in der Gruppe der Hybride die höchsten Leistungen. Allerdings ist ihre Anwendung in der Praxis Einschränkungen unterworfen. Ebenso wie bei den festen und den flüssigen Zweistoffsystemen läßt sich das Leistungsvermögen auch bei den hybriden Treibstoffkombinationen durch die Verwendung von flüssigem Wasserstoff als zusätzlicher Komponente steigern.

Hybridmotoren sind also auf vielen Einsatzgebieten aussichtsreiche Konkurrenten der Feststoff- und der Flüssigkeitstriebe.

Literatur:

- [1] Paetzold, H. K., Schütte, K. u. O. Scholze: Die Erforschung des Weltraums mit Satelliten und Raumsonden, Band I, Düsseldorf 1966, VDI-Verlag.
- [2] Schmucker, R. H.: Theoretische und experimentelle Beiträge zum Hybridraketenantrieb, Raumfahrtforschung 14 (1970) 5, S. 193...202.
- [3] Lo, R.: Probleme hochenergetischer Lithergoltriebe, dargestellt am Beispiel der Entwicklung eines FLOX/Polyäthylen-Triebwerkes, Raumfahrtforschung 13 (1969) 5, S. 220...223.
- [4] Magnussen, U.: Razrabotka topliva dlja GRD v svecli, Voprosy raketnoj tehniki 16 (1966) 10, S. 56...61.

- [5] Osmon, R. V.: Eksperimentalnoe issledovanie GRD rabotajushego na litijaljumogidride i perekisi vodoroda, Voprosy raketnoi tekhniki 17 (1967) 2, S. 42...58.
 [6] Lo, R.: Quasi-hybride Raketenantriebe. Raumfahrtforschung 14 (1970) 4, S. 152 u. 153.
 [7] Moutet, A.: Probleme der Hybridraketenantriebe. Luftfahrttechnik — Raumfahrttechnik 12 (1966) 1, S. 10 bis 16.
 [8] — Dvigateli i toplivo. Voprosy raketnoi tekhniki 20 (1970) 10, S. 98.
 [9] — Dvigateli i toplivo. Voprosy raketnoi tekhniki 19 (1969) 5, S. 79.
 [10] — Dvigateli i toplivo. Voprosy raketnoi tekhniki 20 (1970) 12, S. 66.

Neues vom Weltraumrecht

Prof. Dr. G. REINTANZ

Im Sommer 1971 erhielt das Weltraumrecht zwei neue Impulse: die UdSSR legte der UNO den Entwurf eines Mondvertrages zur Prüfung und Annahme vor, und das UNO-Weltraumkomitee einigte sich auf den Text einer internationalen Konvention über die Schadenshaftung bei Weltraumexperimenten.

Der sowjetische Entwurf eines Mondvertrages

Die Expedition amerikanischer Astronauten zum Mond und die sowjetischen Experimente mit automatischen Mondstationen eröffnen neue Perspektiven für die Erschließung des Mondes, an der sich u. U. auch weitere Staaten oder zwischenstaatliche Organisationen beteiligen werden. Es kann damit gerechnet werden, daß gegen Ende unseres Jahrhunderts ständig besetzte Forschungs- und Beobachtungsstationen auf dem Mond bestehen, auf denen vielleicht 100-150 Personen tätig sind. Im nächsten Jahrhundert wird wahrscheinlich die ökonomische Nutzung des Mondes beginnen und damit die „kosmische Ökonomie“ eingeleitet werden [1]. Es ist daher angebracht, schon jetzt, vor dem Beginn umfassender menschlicher Aktivitäten auf dem Mond, die Weichen für die Zukunft zu stellen und menschliche Verhaltensweisen auf diesem Himmelskörper rechtlich zu normieren.

Im Weltraumvertrag von 1967 (GBL 1968 I, S. 125) finden sich erste Anfänge einer solchen Normierung. Der Vertrag sieht u. a. grundsätzlich vor (ohne hier ins Einzelne zu gehen):

- die Erforschung und Nutzung des Mondes muß zum Wohle und im Interesse der gesamten Menschheit verwirklicht werden;
- jede militärische Tätigkeit auf dem Mond ist untersagt;
- der Mond steht allen Staaten zur Erforschung und Nutzung offen;
- der Mond oder seine Teile unterliegen nicht der nationalen Aneignung;
- jede Tätigkeit auf dem Mond ist in Übereinstimmung mit den Grundsätzen des Völkerrechts und der UNO-Charta und damit unter Berücksichtigung der Interessen anderer Staaten auszuüben.

In Fachkreisen war man sich schon seit längerem darüber klar, daß der Weltraumvertrag von 1967 wegen seiner z. T. sehr allgemeinen und daher in verschiedenen Richtungen auslegungsfähigen Formulierungen der Präzisierung bedarf. Sowohl sowjetische als auch andere Autoren waren sich darüber einig, daß der Vertrag im wesentlichen nur ein Minimum an Hauptgrundsätzen festlegt, an das sich die Staaten halten können und müssen [2]. Der angesehene britische Jurist Vallat schrieb z. B.: „Je mehr man die Bestimmungen des Vertrages analysiert, desto offensichtlicher wird es, daß zusätzliche Abkommen und Klarstellungen erforderlich sind“ [3].

Solche Präzisierungen sind z. B. notwendig hinsichtlich des Begriffs der „Nutzung“ des Mondes; offen ist die Frage, in welchem Umfang u. U. ökonomische Nutzungen des Mondes zulässig sind und wer ggf. die Zulassung zur Nutzung erteilt, um z. B. einen Raubbau zu verhindern. Wenn auch der Weltraumvertrag die nationale Aneignung und damit die Ausdehnung staatlicher irdischer Souveränität auf den Mond untersagt, so findet sich in der Literatur doch gelegentlich die Auffassung, daß ein Okkupationsverbot die effektive Nutzung erschwert [4].

Von offizieller Seite ist wiederholt erklärt worden, daß das Aufpflanzen nationaler Embleme auf dem Mond durch die USA-Kosmonauten aufgrund des USA-Flaggengesetzes und das Entsenden anderer Staatssymbole, z. B. eines metallenen Hoheitszeichens durch die UdSSR, keine Okkupation bedeutet. Doch wird von einigen Juristen befürchtet, daß z. B. die technische Inanspruchnahme und Kennzeichnung von Mondboden „eine nationale Eigentümerstellung schaffen werde, die in Wahrheit Ausübung staatlicher Souveränität sei“ [5].

Wenn es auch noch geraume Zeit dauern wird, bis z. B. die oben kurz skizzierten Probleme akut werden, so erscheint es zweckmäßig, schon jetzt, solange sich alles noch im Stadium der irdischen Planung befindet, einiges vorweg zu erörtern und zu regeln. So wurde wiederholt im Juristischen Unterausschuß des UNO-Weltraumkomitees die Auffassung geäußert, daß es angebracht ist, den Weltraumvertrag zu ergänzen. Der Vertreter Polens im Juristischen Unterausschuß empfahl 1969, „Normen auszuarbeiten, die sich vor allem auf die Tätigkeit des Menschen auf der Oberfläche des Mondes ... beziehen“ [6]. Der argentinische Delegierte setzte sich 1969 und 1970 dafür ein, die rechtlichen Fragen zu untersuchen, die mit der Verbringung von Mondstoffen nach der Erde im Zusammenhang stehen, und legte den „Entwurf eines Abkommens über die Grundsätze zur Lenkung der Tätigkeit bei der Nutzung der natürlichen Ressourcen des Mondes und anderer Himmelskörper“ vor [7].

Die angedeuteten Schwächen und Lücken des Weltraumvertrages will der sowjetische Entwurf eines Mondvertrages im Lichte der voraussehbaren Entwicklung schließen helfen [8]. Die UdSSR, die Initiator des Weltraumvertrages und des Rettungs- und Bergungsabkommens war, hat auch mit diesem Vertrag den Weg für die weitere progressive Entwicklung des internationalen Weltraumrechts gewiesen.

Der Entwurf, der 15 Artikel umfaßt, betont erneut, daß der Mond zu keinerlei militärischen Zwecken verwendet werden darf, sondern ausschließlich friedlich zu nutzen ist (Art. I und II). Die Vertragsstaaten werden um eine Koordinierung ihrer Mondaktivitäten bemüht sein und werden ihre Forschungen und Nutzungen „mit vernünftigen Methoden“ betreiben, um eine Störung des bestehenden Gleichgewichts der Mondumwelt zu verhüten und ungünstige Veränderungen und Verschmutzungen der Mondumwelt zu vermeiden (Art. III und IV). Art. V und VI postulieren die Forschungs- und Nutzungsfreiheit für alle Vertragsstaaten auf dem Mond; die Arbeiten anderer Staaten dürfen nicht behindert werden. Die Teilnehmerstaaten verpflichten sich in Art. VII, auf dem Mond in Not geratenem Personal anderer Staaten Hilfe zu gewähren und sich gegenseitig vor Gefahren zu warnen. Art. VIII unterstreicht noch einmal das Okkupationsverbot und stellt erneut ausdrücklich fest, daß die Stationierung von Geräten kein Eigentumsrecht an Teilgebieten des Mondinneren oder der Mondoberfläche begründet,

Werden Anlagen, Geräte und Ausrüstungen auf dem Mond nicht mehr genutzt, so verbleiben sie weiter im Eigentum des Entsendestaates und werden nicht herrenloses Gut (Art. IX). Wer eine Notsituation auf dem Mond wahrnimmt, hat den entsendenden Staat und den UNO-Generalsekretär zu informieren (Art. X). Der im Weltraumvertrag verankerte Grundsatz von der Haftung der Staaten für Schäden bei der Erschließung des Weltraumes wird in Art. XI bekräftigt. Art. XII-XV enthalten die sog. Protokollbestimmungen internationaler Verträge und sehen u. a. vor, daß jeder Staat dem Vertrag beitreten kann. Die diskriminierende UNO-Klausel, die nur UNO-Mitglieder zur Unterschrift bzw. zum Beitritt berechtigt, ist gefallen. Der stets recht kritisch eingestellte Genfer Korrespondent der „Frankfurter Rundschau“ bescheinigt in seinem Bericht vom 11. Juni 1971 dem Entwurf, daß in ihm die juristischen Begriffe präziser und bindender gefaßt sind als im Weltraumvertrag von 1967.

Der Entwurf wird, wie es die UdSSR vorgeschlagen hat, den Experten des Weltraumkomitees übermittelt werden. Von dort geht er mit dem Expertenbericht über die I. Kommission an die 26. UNO-Vollversammlung, die im September 1971 in New York zusammengetreten ist.

Weltraum-Haftungskonvention

Seit über zehn Jahren verhandelten die Experten im Juristischen Unterausschuß des Weltraumkomitees über eine internationale Konvention, die den Schadensersatz bei Weltraumaktivitäten regeln sollte. Wiederholt hatte die UNO-Vollversammlung auf die Fertigstellung dieser Konvention gedrängt.

Belgien, Brasilien und Ungarn unterbreiteten im Juni 1971 einen aus neun Artikeln bestehenden Konventionsentwurf. Der Entwurf macht die Staaten, nicht etwaige Privatpersonen, die Weltraumforschung betreiben bzw. durch Privatpersonen zulassen, für angerichtete Schäden, z. B. durch auf die Erde zurückfallende Raketenteile, haftbar. Strittig war bisher, wer bei solchen Schadensfällen über Recht und Unrecht unterscheiden sollte: nationale Gerichte, internationale Gerichte oder Schiedsgerichte.

Der jetzt vorgelegte Entwurf sieht vor, daß eine Untersuchungskommission gebildet wird, die im Ergebnis ihrer Untersuchungen Empfehlungen für die Schadensregulierung ausspricht. Kommt es zu keiner Übereinstimmung, ist ein Schiedsgericht zu bilden, das aus je einem Vertreter der Streitparteien und einem neutralen Vorsitzenden besteht. Das Schiedsgericht, im Vertragsentwurf „Schadensersatzkommission“ (claims commission) genannt, entscheidet durch Mehrheitsbeschluß über die Berechtigung der Klage und über die Höhe des Schadensersatzes.

Der Entwurf wird, wie der Entwurf des Mondvertrages, dem Weltraumkomitee vorgelegt, das im September 1971 in New York zusammengetreten ist, und anschließend über den I. Ausschuß der UNO-Vollversammlung zur Entscheidung überwiesen.

Anmerkungen:

- [1] A. Kowal, Kosmos und Produktion, Astronomie und Raumfahrt, 2/71, S. 60.
- [2] E. G. Wassiljewskaja, Die Erschließung des Mondes, Einige Perspektiven der rechtlichen Regelung, Sowjet-Staat und Recht, Heft 4/1971, S. 92.
- [3] F. Vallat, The Outer Space Treaties, Aeronautical Journal, Nr. 705/1969, S. 755.
- [4] E. Brocks, Control and Use of Planetary Resources, XI. Colloquium on the Law of Outer Space 1969, New York 1969, S. 344.
- [5] A. Bueckling, Zur Rechtsentwicklung im Weltraum: Der Mond-Automatismus von Souveränitätsstrukturen? Deutsche Richterzeitung, Nr. 5/1971, S. 159.
- [6] E. G. Wassiljewskaja, a. a. O., S. 94.
- [7] Ebenda.
- [8] Vgl. Schreiben des sowjetischen Außenministers Gromyko vom 4. 6. 1971 an UNO-Generalsekretär U Thant, dem der Vertragsentwurf als Analyse beigelegt war, Presse der SU, Nr. 70/1971, S. 7 und Nr. 72/1971, S. 9.

OSO 7 fotografiert Sonneneruption mittels Röntgenstrahlen

Wie die amerikanische Weltraumbehörde (NASA) bekanntgab, hat ein Erdsatellit erstmals den Beginn einer Sonneneruption mittels Röntgenstrahlen fotografisch aufgenommen. Das Sonnenobservatorium OSO 7 umkreist die Erde seit September 1971 auf einer elliptischen Bahn. Es ist mit einem Röntgengerät und einem Ultraviolett-Spektroheliographen ausgestattet.

Entwicklung der bemannten Raumfahrt der Sowjetunion

KARL-HEINZ NEUMANN

Fortsetzung.

Nach Abschluß der gemeinsamen Unternehmen Salut/Sojus 10 folgte eine Periode, in der die Raumstation Salut unbemannt eingesetzt wurde. Während dieser Zeit waren zahlreiche Meßinstrumente in Tätigkeit, deren Ergebnisse auf telemetrischem Wege zur Erde übertragen wurden. Gleichzeitig wurden auch Angaben über die bis dahin noch unbemannten Arbeitsräume einer Besatzung zur Erde übertragen. Es erfolgten ferner Bahnänderungen, die dafür sorgten, daß während der knapp 2 Monate die Raumstation nicht in dichte Schichten der Erdatmosphäre gelangte.

Am 6. Juni 1971, um 5,55 Uhr MEZ, startete von Baikonur aus das Raumschiff Sojus 11. Es erreichte um 6.04 Uhr seine Erdumlaufbahn. An Bord befanden sich als Kommandant Oberstleutnant Georgi Dobrowolski, als Bordingenieur Wladislaw Wolkow und als Testingenieur Viktor Pazajew. Beim Start hatte die Raumstation Salut gerade ihre 779. Erdumkreisung vollendet. Das Raumschiff Sojus 11 hatte um 14 Uhr die Erde sechsmal umrundet. Die Temperatur im Inneren betrug 22 Grad Celsius, der Druck 770 mmHg. Von 13.40 Uhr bis 23.30 Uhr des ersten Tages legten die Kosmonauten eine Ruhepause ein. Eine erste Bahnkorrektur hatte der Kommandant um 11.50 Uhr MEZ ausgeführt. Danach hatte Sojus 11 folgende Bahnwerte: Umlaufzeit 88,3 Minuten, Bahnneigung 51,6 Grad, Perigäum 185 km, Apogäum 217 km.

Am Montag, dem 7. 6. 1971, um 5.26 Uhr MEZ, hatte sich das Raumschiff Sojus 11 der Orbitalstation bis auf etwa 6,5 km genähert. Danach wurde das automatische Annäherungssystem eingeschaltet, durch welches die Bahnen der beiden Raumflugkörper noch weiter angenähert wurden. In der letzten Phase der Annäherung von 100 m Abstand an steuerte der Kommandant von Sojus 11 sein Raumschiff. Die Kopplung erfolgte um 5.50 Uhr MEZ. Es folgten weitere Prozesse der Andockung von Raumschiff und Station, elektrische und hydraulische Kontakte wurden hergestellt. Danach wurde der Innendruck von Raumschiff und Station angeglichen. Um 8.45 Uhr MEZ stiegen zunächst der Kommandant und der Bordingenieur, danach auch der Testingenieur in die Orbitalstation um. Die ersten Arbeiten betrafen die Überprüfung aller Systeme und Apparaturen der Raumstation Salut sowie die Überprüfung des Zusammenwirkens aller Systeme des Raumschiffes mit der Station.

Die Orbitalstation Salut hat eine Länge von 20 Metern. Ihr maximaler Durchmesser beträgt 4 Meter (Solarzellenflächen nicht mit eingerechnet). Der Rauminhalt des Arbeitsraumes für die dreiköpfige Besatzung machte 100 m³ aus. Als Gesamtmasse des gekoppelten Systems Sojus 11 und Orbitalstation werden mehr als 25 Tonnen angegeben.

Das Arbeitsprogramm der Besatzung der ersten wirklichen Raumstation umfaßte (kurz zusammengefaßt) die folgenden Aufgabenstellungen:

- Überprüfung und Erprobung der Konstruktion, der Aggregate, der Bordsysteme und der Apparatur der Orbitalstation Salut.
- Erarbeitung von Methoden und Mitteln der Orientierung und der Navigation der Raumstation sowie die Erprobung der Steuerungssysteme und der Antriebssysteme für die Manövrierfähigkeit der Raumstation.
- Untersuchung geologisch-geographischer Objekte auf der Erdoberfläche, meteorologische Beobachtungsarbeiten sowie Beobachtung von Schnee- und Eisbildungen mit dem Ziel, diese Angaben für die Lösung volkswirtschaftlicher Aufgaben zu nutzen.
- Verschiedenartige Untersuchungen kurzweiliger und langweiliger elektromagnetischer Strahlung in der Atmosphäre sowie astronomisch-astrophysikalische Beobachtungen in verschiedenen Bereichen des Spektrums.
- Medizinisch-biologische Forschungsarbeiten über die Arbeitsfähigkeit der Kosmonauten sowie die Erforschung des Einflusses von Faktoren des kosmischen Fluges bei länger dauernden Unternehmungen auf den Organismus des Menschen.

Am Montag, dem 7. 6. 71, vollendete Salut um 19 Uhr seine 800. Umkreisung und die 6. Umkreisung mit der Besatzung. Die Raumstation hatte nun eine Bahn mit folgenden Werten: Umlaufzeit 88,2 Minuten, Bahnneigung 51,6 Grad, Perigäum 212 km, Apogäum 249 km.

Am Dienstag, dem 8. 6. 71, trat die Raumstation um 1 Uhr MEZ wieder in den Funksichtbereich der Sowjetunion, nachdem sie am Vortage diesen um 17.24 Uhr verlassen hatte. Die Hauptarbeit an diesem Tage bestand in der weiteren Überprüfung der Systeme und in der Vorbereitung der wissenschaftlichen Apparatur für die Arbeit. Um 11 Uhr war die 21. Erdumkreisung vollendet. 11.02 Uhr wurde die erste Bahnkorrektur vorgenommen. Die neue Flugbahn hatte folgende Elemente: Umlaufzeit 89,0 Minuten, Bahnneigung 51,6 Grad, Perigäum 239 km, Apogäum 285 km.

Im weiteren Verlauf dieses Tages führten die Kosmonauten körperliche Übungen und medizinische Experimente durch. Um 17 Uhr verließ die Raumstation den direkten Funksichthorizont der Sowjetunion. Um 23.01 Uhr begann der dritte Arbeitstag für die Besatzung. Zunächst konservierten sie die Systeme von Sojus 11. Um 3 Uhr, am Mittwoch, dem 9. 6., gelangten sie dann wieder in den Funksichtbereich des sowjetischen Territoriums. Die zweite Bahnkorrektur erfolgte an diesem Tage um 8.06 Uhr. Folgende Bahn wurde erreicht: Umlaufzeit 89,7 Minuten, Bahnneigung 51,6 Grad, Perigäum 259 km, Apogäum 282 km. Das Arbeitsprogramm dieses Tages betraf Erprobung

und Justierung der wissenschaftlichen Geräte; medizinisch-biologische Experimente; Kontrolle der Mikroatmosphäre, Strahlungspegelmessungen sowie Beobachtungen von Mikrometeoriten. Zu Zwecken der Orientierung wurde weiterhin ein Weitwinkelsucher erprobt. Der dritte Arbeitstag an Bord der Station endete um 13 Uhr MEZ.

Am Donnerstag, dem 10. 6. 71, begannen die Kosmonauten mit ihrem wissenschaftlichen Programm. Es erfolgten erste meteorologische Beobachtungen in Zusammenarbeit mit dem Hydrometeorologischen Dienst der UdSSR. Daneben wurde eine ganze Reihe medizinisch-biologischer Untersuchungen angestellt.

Am Freitag, dem 11. 6. 71, vollendete die Station Salut um 12 Uhr ihre 863. Erdumkreisung und die 68. mit Besatzung. An diesem Tage sind Muster von optischen Instrumenten unter den Einflüssen des kosmischen Raumes auf ihre Funktionsfähigkeit untersucht worden. Das Gammastrahlungsteleskop zur Untersuchung der Intensität des Spektrums der kosmischen Strahlung wurde eingesetzt. Spektralaufnahmen von einem Teil des Territoriums der Sowjetunion wurden angefertigt. An diesem Tage begann ferner die Schichtarbeit, wobei die Funkverbindung über Forschungsschiffe und Nachrichtensatelliten vom Typ Molnija aufrechterhalten wurde.

Der 12. 6. 71 war charakterisiert durch meteorologische Aufnahmen, wobei Kameras mit verschiedenen Brennweiten zum Einsatz kamen. Auch spektrografische Aufnahmen für bestimmte Untersuchungen über den Zustand der Atmosphäre in verschiedenen Höhenbereichen sind durchgeführt worden. Um 12.30 Uhr verließ an diesem Tage die Raumstation den Funksichtbereich der Sowjetunion und erreichte ihn um 22.34 Uhr wieder.

Sonntag, der 13. Juni, war Ruhetag für die Kosmonauten. Um 11 Uhr begann ihre 100. Erdumkreisung. An diesem Tage untersuchten sie die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf höhere Pflanzen.

Am Montag, dem 14. 6. 71, wurden für 9 Uhr folgende Bahnelemente angegeben: Umlaufzeit 89,6 Minuten, Bahnneigung 51,6 Grad, Perigäum 255 km, Apogäum 277 km. Als Hauptaufgabe erfolgten an diesem Tage gemeinsame Experimente mit Forschungsfugzeugen vom Typ AN-2 und IL-18. Es ging dabei um Spektraluntersuchungen.

Am Dienstag, dem 15. 6. 71, vollendete die Raumstation um 13 Uhr ihre 134. Erdumkreisung. Medizinisch-biologische Untersuchungen sowie Wolkenbeobachtungen, die gemeinsam mit Satelliten vom Typ Meteor unternommen wurden, bildeten die Hauptpunkte des Programms dieses Arbeitstages.

Auch der 16. 6. 71 war durch gemeinsame meteorologische Beobachtungen mit einem Wettersatelliten vom Typ Meteor – an diesem Tage über dem Wolga-Gebiet – gekennzeichnet. Hierbei ging es um die Erkennung von Feinstrukturen der Wolken. Außerdem testeten die Kosmonauten einen sogenannten Ionensensor für die Möglichkeiten der Lageorientierung des Raumschiffes bei fehlender optischer Sicht.

Ein weiterer Ruhetag wurde am Donnerstag, dem 17. 6. 71, eingelegt. Neben den sowieso jeden Tag stattfindenden medizinischen Übungen führte die Besatzung außerdem gegenseitig medizinische Kontrollen durch.

Das astronomische Beobachtungsinstrument, welches die Bezeichnung „Orion“ trägt, ist am Freitag, dem 18. 6. 71, erstmalig eingesetzt worden. Damit sind die Spektren einzelner Sterne aufgenommen worden. Die 182. Erdumkreisung hatte die Raumstation an diesem Tage um 12.30 Uhr vollendet.

Technische Experimente zu Steuerungsproblemen und zur Erprobung neuer Gerätesysteme bildeten den Hauptteil der wissenschaftlichen Arbeit der Stationsbesatzung. Dazu kamen neben medizinischen Untersuchungen, Beobachtungen der Erdatmosphäre in der Dämmerungszone.

Am Sonntag, dem 20. 6. 71, war Ruhetag.

Zwei astronomische Teleskope, von denen eines außen, das andere innen angebracht war, sind am 21. 6. 71 eingesetzt worden. Daneben liefen Gammastrahlungsmessungen, Polarisationsuntersuchungen und des von der Erde aus reflektierten Lichtes sowie weitere Beobachtungen mit dem Instrument „Orion“.

An den folgenden Tagen wurden weitere Spektralaufnahmen, Dämmerungsbeobachtungen, Untersuchungen des Pflanzenwachstums, Erdebeobachtungen, Ionosphärenuntersuchungen sowie die üblichen medizinisch-biologischen Experimente und Übungen ausgeführt. Am Mittwoch, dem 23. 6., um 22.54 Uhr, brachen die Kosmonauten den bisherigen Dauerflugrekord von Sojus 9.

Am Sonnabend, dem 27. 6., begann die Besatzung mit der Überprüfung der Bordsysteme von Sojus 11. Diese Überprüfung wurde am folgenden Tage fortgeführt. Alle wissenschaftlichen Materialien, Ergebnisse und Filme sowie das Bordbuch wurden in Sojus 11 gebracht. Am Dienstag, dem 29. 6., um 19.28 Uhr, war das Programm beendet und die Besatzung koppelte das Raumschiff Sojus 11 von der Station Salut ab. Um 23.35 Uhr wurde das Bremstriebwerk zur Einleitung der Rückkehr eingeschaltet. Danach brach die Funkverbindung zur Besatzung ab. Bei der Abtrennung der Orbitalsektion des Raumschiffes, die kurz nach Abschluß des Brensvorganges erfolgte, war ein Druckabfall infolge einer Störung der hermetischen Abdichtung des Raumschiffes eingetreten. Die drei Kosmonauten verstarben 30 Minuten vor der Landung.

Sowjetische und USA-Kosmonauten

1. sowjetische Kosmonautengruppe, ausgewählt 1960

	Flugzeit	Anzahl der Flüge
Beljaew, Pawel Iwanowitsch, 26. 6. 25, Oberst, verstorben 10. 1. 70	26 h 02 min	1
Bykowski, Valeri Fjodorowitsch, 2. 8. 34, Oberst	119 h 06 min	1
Chrunow, Jewgeni Wassiljewitsch, 10. 9. 33, Oberst	47 h 39 min	1
Gagarin, Juri Alexejewitsch, 9. 3. 34, Oberst (bei Flugzeugabsturz am 27. 3. 68 tödlich verunglückt)	1 h 48 min	1
Gorbatko, Viktor Wassiljewitsch, 3. 12. 34, Oberst	118 h 41 min	1
Komarow, Wladimir Michailowitsch, 16. 3. 27, Oberst (bei Landung von Sojus 1 tödlich verunglückt)	51 h 02 min	2
Leonow, Alexej Archipowitsch, 30. 5. 34, Oberst	26 h 02 min	1
Nikolajew, Andrijan Grigorejewitsch, 5. 9. 29, Generalmajor	519 h 21 min	2
Popowitsch, Pawel Romanowitsch, 5. 10. 30, Oberst	70 h 57 min	1
Schonin, Georgi Stefanowitsch, 3. 8. 35, Oberst	118 h 42 min	1
Titow, German Stefanowitsch, 11. 9. 35, Oberst	25 h 18 min	1
Wolynow, Boris Walentinowitsch, 18. 12. 34, Oberst	72 h 46 min	1

2. sowjetische Kosmonautengruppe, ausgewählt Januar 1963

+Asanin, Oberst	—	—	—
*Chorobrist, Major	—	—	—
Feoktistew, Konstantin Petrowitsch, 1926, Dr. der Techn. Wissenschaften	24 h 17 min	1	
Jegorow, Boris Borissowitsch, 13. 7. 34, Dr. (Arzt)	24 h 17 min	1	
*Obratsow, Oberstleutnant	—	—	—
Schatalow, Wladimir Alexandrowitsch, 8. 12. 27, Oberst	237 h 41 min	3	
Tereschkowa-Nikolajewa, Valentina Wladimirowna, 6. 3. 37	70 h 50 min	1	

Ferner sollen die „Ersatzfrau“ für Tereschkowa und zwei weitere Frauen Kosmonautenausbildung erhalten. Zu dieser zweiten Gruppe sollen außerdem fünf weitere Kosmonauten gehören.

3. sowjetische Kosmonautengruppe, ausgewählt Ende 1964

Beregowoi, Georgi Timofejewitsch, 15. 4. 21, Generalmajor	94 h 51 min	1
Dobrowolski, Georgi Timofejewitsch, 1. 6. 28, Oberstleutnant (bei der Rückkehr von Sojus 11 tödlich verunglückt)	570 h 15 min	1

Zu dieser Gruppe sollen weitere acht Kosmonauten gehören, deren Namen nicht bekannt sind.

4. sowjetische Kosmonautengruppe, ausgewählt Mitte 1966

Jelissejew, Alexei Stanislawowitsch, 13. 7. 34, Dr.-Ing.	214 h 06 min	3
Kubassow, Valeri Nikolajewitsch, 7. 1. 35, Dr.-Ing.	118 h 42 min	1
Wolkow, Wladislaw Nikolajewitsch, 23. 11. 35, Dr.-Ing. (bei der Rückkehr von Sojus 11 tödlich verunglückt)	688 h 56 min	2

Zu dieser Gruppe sollen weitere elf Kosmonauten gehören, deren Namen nicht bekannt sind.

5. sowjetische Kosmonautengruppe, ausgewählt 1967

Filipschenko Anatoli Wassiljewitsch 26. 2. 28 Oberstleutnant	118 h 41 min	1
Sewastjanow Vitali Iwanowitsch, 8. 2. 35, Ing.	424 h 59 min	1
Rukawischnikow, Nikolai, Ing.	47 h 46 min	1
Pazajew, Viktor Iwanowitsch, 19. 6. 33, Ing. (bei der Rückkehr von Sojus 11 tödlich verunglückt)	570 h 15 min	1
+Bogdasjewski, Rostislaw, *Kornjew, Andrei, *Wawakin, Juri	—	—

Die mit * gekennzeichneten Namen sind westlichen Literaturquellen entnommen, desgleichen die Zahlenangaben über nicht mit Namen bezeichnete Kosmonauten. In sowjetischen Publikationen finden sich weder diese Namen, noch diese Zahlenangaben.

1. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 9. 4. 59

	Flugzeit	Anzahl der Flüge
Charpenter, M. Scott, 1. 5. 25, ab Sept. 67 bei US-Navy in Sealab.	4 h 56 min	1
Cooper, L. Gordon, 6. 3. 27, ab 31. 7. 70 bei NASA tätig	225 h 15 min	2
Glenn, John H., 18. 7. 21, zog sich 1964 ins Privatleben zurück	4 h 55 min	1
Grissom, Virgil J., 3. 4. 26 (am 27. 1. 67 bei Brand in Apollo-Kapsel tödlich verunglückt)	5 h 08 min	2
Schirra, Walter M., 3. 12. 23, am 1. 7. 69 ausgeschieden	295 h 13 min	3
Slayton, Donald K., 1. 3. 24, wegen Herzleidens seit Nov. 63 ausgeschieden	—	—
Shepard, Alan B., 18. 11. 23, im Training	216 h 57 min	2

2. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 17. 9. 62

	Flugzeit	Anzahl der Flüge
Armstrong, Neil A., 5. 8. 30, ab 1. 7. 70 NASA-Direktor, seit Aug. 71 Lehrauftrag an Universität Cincinnati	206 h 00 min	2
Bormann, Frank, 14. 3. 28, ab 1. 7. 70 Vizepräsident der Eastern Airline	477 h 35 min	2
Conrad, Charles, 2. 6. 30, im Training	606 h 09 min	3
Mc Divitt, James A., 10. 6. 29, ab 25. 9. 69 Manager des Apollo-Programms	338 h 57 min	2
Lovell, James A., 25. 3. 28, im Training	714 h 24 min	4
See, Elliot M., 23. 7. 27 (am 28. 2. 66 beim Absturz eines T-38 Strahltrainers tödlich verunglückt)	— —	—
Stafford, Thomas P., 17. 9. 30, im Training	290 h 16 min	3
White, Edward, 14. 11. 30 (mit Grissom tödlich verunglückt)	97 h 56 min	1
Young, John W., 24. 9. 30, im Training	267 h 03 min	3

3. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 18. 10. 63

Aldrin, Edwin E., 20. 1. 30, ab 1. 7. 71 Kommandant der Aerospace Research School, Edwards, Calif.	289 h 53 min	2
Anders, William, 17. 10. 33, ab 1. 9. 69 ausgeschieden	147 h 00 min	1
Basset, Charles A., 30. 12. 31 (mit See tödlich verunglückt)	— —	—
Bean, Allan L., 15. 3. 32, im Training	244 h 36 min	1
Cernan, Eugene A., 14. 3. 34, im Training	264 h 24 min	2
Chaffee, Roger B., 15. 2. 35 (mit Grissom und White tödlich verunglückt)	— —	—
Collins, Michael, 31. 10. 30, Direktor des nationalen Luft- und Raumfahrt- museums des Smithsonian Instituts, Washington D. C.	266 h 06 min	2
Cunningham, Walter R., 16. 3. 30, im Training	260 h 09 min	1
Freeman, Theodore C., 18. 2. 30 (am 21. 10. 67 bei Absturz eines T-38 Strahltrainers tödlich verunglückt)	— —	—
Gordon, Richard F., 5. 10. 29, im Training	315 h 54 min	2
Schweickart, Russel L., 25. 10. 35, im Training	241 h 01 min	1
Scott, David R., 6. 6. 32, im Training	251 h 42 min	2
Clifton, C. Williams, 26. 9. 32 (am 5. 10. 67 bei Absturz eines T-38 Strahl- trainers tödlich verunglückt)	— —	—

4. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 28. 6. 65

Garriot, Owen K., 22. 11. 30, im Training — Gibson, Edward G., 8. 11. 36, im Training — Graveline, Duane E., 65 zurückgetreten — Kerwin, Joseph P., 19. 2. 32, im Training — Michael, Frank C., 5. 6. 34, am 4. 8. 69 ausgeschieden — Schmitt, Harrison H., 3. 7. 35, im Training.

5. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 4. 4. 66

Brand, Vance D., 9. 5. 31, im Training — Bull, John S., 25. 9. 34, ab 19. 7. 68 ausgeschieden — Carr, Gerald P., 22. 8. 32, im Training — Duke, Charles M., 30. 10. 35, im Training — Engle, Joe H., 26. 8. 32, im Training — Evans, Ronald E., 10. 11. 33, im Training — Givens, Edward G., 5. 1. 30 (am 6. 6. 67 bei Autounfall tödlich verunglückt).

	Flugzeit	Anzahl der Flüge
Haise, Fred W., 14., 11. 33, im Training	142 h 55 min	1
Irwin, James B., 17. 3. 30, im Training — Lind, Don L., 18. 5. 30, im Training — Lousma, Jack R., 29. 2. 36, im Training — Mattingly, Thomas K., 17. 3. 36, im Training — Mc Candless, Bruce, 8. 6. 37, im Training — Pogue, William R., 23. 1. 30, im Training.	— —	—

	Flugzeit	Anzahl der Flüge
Mitchell Edgar D., 17. 9. 30, im Training	216 h 42 min	1
Roosa, Stuart, A., 16. 8. 33, im Training	216 h 42 min	1
Swigert, John L., 30. 8. 31, im Training	142 h 55 min	1
Weitz, Paul J., 25. 7. 32, im Training — Worden, Alfred H., 7. 2. 32, im Training.	— —	—

6. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 4. 8. 67

Allen, Joseph P., 27. 6. 37, im Training — Chapman, Philip K., 5. 3. 35, im Training — England, Anthony W., 15. 5. 42, im Training — Henize, Karl G., 17. 10. 26, im Training — Holmquest, Donald L., 7. 4. 39, im Training — Lenoir, William B., 14. 3. 39, im Training — Llewellyn, John A., 22. 4. 33, ab 23. 8. 68 ausgeschieden — Musgrave, Story F., 19. 8. 35, im Training — O'Leary, Brian, 27. 1. 40, ab 23. 4. 68 ausgeschieden — Parker, Robert A., 14. 12. 36, im Training — Thornton, William E., 14. 4. 29, im Training.

7. USA-Kosmonautengruppe, ausgewählt 14. 8. 69

Sie gehörten zu der 16-Mann-Gruppe für das Projekt MOL, welches im Juni 69 abgesetzt wurde: Bobko, Karol J., 23. 12. 37, im Training — Crippen, Robert L., 11. 9. 37, im Training — Fullerton, Charles G., 11. 11. 36, im Training — Hartsfield, Henry W., 21. 11. 33, im Training — Overmayer, Robert F., 14. 7. 36, im Training — Peterson, Donald H., 22. 10. 33, im Training — Truly, Richard H., 12. 11. 37, im Training.

Berechnungen haben gezeigt, daß bereits ein bis zwei Milliarden Jahre nach Entstehung des Mondes der Himmelskörper auf Grund radioaktiver Prozesse derart erhitzt wurde, daß die Materie im Inneren teilweise geschmolzen sein muß. Auf Kamtschatka fanden Forscher Gravitationsanomalien, die denen des Mondes ähneln. Sie entstanden nachweislich, als bei Vulkanausbrüchen dicke Basaltlava an die Oberfläche gelangte.

W. Spickermann in ND, 16. 10. 71

Sonnenwind als Rotationsbeschleuniger?

Daß unsere Erde eine Art Kreisel ist, wird schon seit langem nicht mehr bestritten. Dieser Kreisel hat eine Bremse, die über Milliarden von Jahren hinweg verläßlich arbeitet: Die Rolle des Bremsystems haben das Weltmeer und der Mond übernommen, der Ebbe und Flut des Meeres auslöst. Zu Ebbe und Flut kommt es übrigens auch in der Erdkruste. Auch hier wirken sie als Bremse, nur weniger spürbar und weniger stark. Die Astronomen nehmen an, daß sich unser Planet nach seiner Entstehung vor fünf Milliarden Jahren unvergleichlich schneller gedreht hat und daß die Tage weitaus kürzer waren.

Kürzlich haben Physiker (keine Astrophysiker) herausgefunden, daß auf die Erde wie auch auf alle anderen Planeten neben der Bremse ein **Akzelerator**, ein **Beschleuniger**, wirkt. In der sowjetischen Presse erschien eine kurze Mitteilung von W. B. Braginski und A. B. Mannikin, in der der Professor an der Staatlichen Lomonossow-Universität Moskau und sein Aspirant ihre Hypothese darlegten.

Es ist völlig verständlich, daß ein beliebiger Abschnitt der Oberfläche unseres Planeten beispielsweise morgens um neun Uhr kälter ist als um fünfzehn Uhr. Von der Oberflächentemperatur eines Stoffes hängt indessen normalerweise seine Fähigkeit ab, Licht zu absorbieren. Je höher die Temperatur ist, um so geringer ist der Anteil des Sonnenlichts, der von dem Abschnitt zu diesem Zeitpunkt reflektiert wird. Die Stärke, mit der die Strahlung auf die unterschiedlich erwärmten Abschnitte des Erdballs wirkt, ist somit verschieden. Der Sonnenwind kann unseren Planeten möglicherweise spürbar in schnellere kreisende Bewegung versetzen.

Die Wissenschaftler haben die Größenordnung berechnet, um die die Korpuskularstrahlung die Rotationsgeschwindigkeit des Erdballs im Laufe von fünf Milliarden Jahren steigern konnte. Sie sind zu dem Ergebnis gekommen, daß sich die anfängliche Rotationsgeschwindigkeit der Erde allein durch den Druck des „Windes“ um zwanzig bis dreißig Prozent erhöht haben konnte. Diese Zahl ist im übrigen nur ein sehr grober Näherungswert. Braginski und Mannikin haben ausdrücklich auf den Überschlagscharakter der Berechnungen hingewiesen. Für sie kam es auf den Beweis an, daß es sinnvoll ist, die Stärke der Lichteinwirkung auf den Erdball mit in Betracht zu ziehen.

Die Wissenschaftler haben nicht nur gerechnet, sondern auch Experimente ausgeführt. Sie rollten ein kleines Stück Zinnfolie zu einem Zylinder von einhalb Zentimeter Länge und einem Zentimeter im Durchmesser zusammen und hängten diesen mit Hilfe eines Magnetfeldes in einem Hochvakuum-Gefaß auf (über die Feinheiten einer solchen Magnetaufhängung zu sprechen, würde hier zu weit führen). Die anfängliche Rotationsgeschwindigkeit des Zylinders betrug in jeder Etappe des Versuchs etwa drei Umdrehungen pro Sekunde. Im Laufe von vierundzwanzig Stunden wurde der Zylinder allmählich langsamer und blieb stehen, denn selbst im relativen Vakuum wurden Reibungskräfte wirksam. Als man jedoch einen Lichtstrom auf den Zylinder richtete, wurde die Rotation schneller. Dabei war es völlig bedeutungslos, ob sich der Zylinder vorher im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn gedreht hatte. Wichtig war nur, daß er sich drehte, denn auf dem bewegungslosen Zylinder verteilte sich der Lichtdruck natürlich gleichmäßig.

Wir baten Professor Braginski um einige weitere Erklärungen zu den Versuchen. Professor Braginski unterstrich dabei noch einmal den äußerst hypothetischen Charakter seiner und A. B. Mannikins Annahmen hinsichtlich ihrer Anwendung auf Weltraumfaktoren. Er setzte jedoch hinzu, daß ein derartiger Effekt die Ursache für jene seit langem festgestellte, bisher aber nicht erklärbare Tatsache sein könne, daß verschiedene künstliche Erdsatelliten die Rotation um ihre eigene Achse beschleunigten, nachdem sie auf die Umlaufbahn gebracht worden waren.

Besonders spürbar muß die Wirkung des Sonnenakzelerators auf Asteroiden, Meteoriten und die Satelliten sein, die nicht ausdrücklich fest im Raum orientiert wurden. Diese Hypothese kann auch zur Erklärung der außerordentlich langen Venus-Tage herangezogen werden. 225 Erdentage braucht unser Nachbarplanet für eine Umdrehung um seine eigene Achse. Indessen ist seine Rotationsachse unter einem Winkel zur Bahn geneigt, der sich völlig von dem für die anderen Planeten typischen Winkel unterscheidet. Gerade aber eine solche Richtung der Rotationsachse wie sie die Venus aufweist, ist für die Erzielung des Effekts ungünstig.

Aus: „Snanije – sila“, Nr. 4, 71, nach PdsU 93/71.

Neue Etappe der Weltraumforschung eingeleitet

Die Nachricht vom tragischen Tod der drei sowjetischen Kosmoshoden nach Abschluß eines großen Komplexes wissenschaftlicher Experimente über einen längeren Zeitraum an Bord der ersten langlebigen Orbitalstation in der Welt hat die ganze fortschrittliche Menschheit mit tiefem Schmerz erfüllt. Raumschiffe vom Typ Sojus haben bereits viele Kosmosflüge ausgeführt und die Kosmonauten stets wohlbehalten zur Erde zurückgebracht. Doch wenn es um die Erprobung und Meisterung der kompliziertesten Technik geht, sind Zufälle niemals auszuschließen. Wie der Generalsekretär des ZK der KPdSU, Genosse L. I. Breschnew, feststellte, betrachtet die Sowjetwissenschaft die Schaffung von Raumstationen mit ablösbarer Besatzungen als den Hauptweg des Menschen in den Weltraum. Am effektivsten ist tatsächlich die unmittelbare Beteiligung des Menschen an der Erforschung des erd-

Junger Astronomieinteressent sucht Anschluß zur Weiterbildung in der Umgebung von Eberswalde. Zuschriften erbeten an Norbert Lasse, 13 Eberswalde-Finow 1, Boldstr. 6a.

nahen kosmischen Raums, an der Untersuchung der Erde sowie ihrer Atmosphäre und des Ozeans aus dem Welt-
raum und bei der Durchführung astronomischer Beobachtungen außerhalb der Erdatmosphäre. Von besonderem
Wert sind solche Forschungen dann, wenn sie systematisch und über einen längeren Zeitraum durchgeführt
werden. Daher ist der Einsatz langlebiger Orbitalstationen von gewaltiger praktischer Bedeutung. Natürlich
müssen diese Forschungen komplexen Charakter tragen und in Verbindung mit der Untersuchung des Weltraums
mittels automatischer Geräte, Sonden und Bodenbeobachtungsmitteln vorgenommen werden.

Es kann mit Sicherheit gesagt werden, daß die 70er Jahre eine Epoche der Entwicklung und des umfassenden Ein-
satzes langlebiger bemannter Orbitalstationen mit abläsbaren Besatzungen sein werden, die es gestatten, von
vereinzelten Experimenten im Weltraum zu einer systematischen Arbeit der Wissenschaftler und Spezialisten in
kosmischen Laboratorien überzugehen.

Die erste Besatzung der bemannten Orbitalstation Salut löste komplizierte und vielfältige Probleme. Die Kosmo-
nauten hatten das kosmische System Salut – Sojus zu testen, die Konstruktionen, Aggregate, Bordsysteme und
Geräte der Orbitalstation zu überprüfen und zu testen, die Methoden und Mittel für ihre Orientierung und Navi-
gation sowie die Steuerungssysteme beim Manövrieren auf der Umlaufbahn weiterzuentwickeln. Es mußten
Untersuchungen von geologisch-geographischen Objekten der Erdoberfläche, von atmosphärischen Erscheinungen
sowie von der Schnee- und Eiskecke der Erde vorgenommen werden. Zum Arbeitsprogramm der Kosmonauten
gehörte ein Problemkomplex zur Untersuchung des kosmischen Raumes sowie astronomische Beobachtungen und
verschiedene medizinisch-biologische Untersuchungen. Die heldenhafte Besatzung von Salut hat dieses umfang-
reiche Programm vollständig und mit großem Erfolg erfüllt.

Die Ergebnisse beweisen, daß die Bedeutung des beispiellosen Mehrteufeggs der ersten Besatzung des Orbital-
laboratoriums nicht hoch genug bewertet werden kann. Die Überprüfung der Konstruktionen und Systeme sowie
der Ausrüstungen und wissenschaftlichen Geräte des neuen Weltraumkomplexes Salut-Sojus während des Fluges
bestätigte die Prinzipien, die seiner Schaffung zugrunde lagen, und zeigte die weitreichenden Perspektiven, die be-
nannte Orbitalstationen für Raumfahrt, Wissenschaft und Volkswirtschaft eröffnen. Die wissenschaftlich-techni-
schen Experimente, die mit der Erprobung und Weiterentwicklung der autonomen Orientierungs- sowie Naviga-
tionsmittel und -methoden in Zusammenhang stehen, sowie das Steuerungssystem des kosmischen Komplexes
beim Manövrieren und beim Übergang von einer Umlaufbahn auf eine andere haben die gute Lenkbarkeit des neuen
Raumsystems sowie die Effektivität der Handsteuerung und der Orientierung gezeigt.

Einen wichtigen Beitrag für verschiedene Wissenszweige werden zweifellos die von den Kosmonauten vorgenom-
menen wissenschaftlichen und medizinisch-biologischen Experimente darstellen. Beispielsweise wurden an Bord der
Station Versuche zur Erforschung des Einflusses der Schwerelosigkeit auf die Entwicklung höherer Pflanzen durch-
geführt. Zu diesem Zweck war in Salut ein „kosmischer Gemüsegarten“ angelegt worden, in dem Chibinenkohl,
Crepis und Flachs gezüchtet wurden. Die Pflanzen wurden regelmäßig mit Nährlösung versorgt und ständig be-
obachtet. Als die Samen gekeimt hatten und die ersten Blätter zum Vorschein kamen, filmte eine automatische
Kamera die Entwicklung der Pflanzen unter diesen ungewöhnlichen Bedingungen.

Mit Hilfe eines Handspektrographen zeichneten die Kosmonauten einzelne Abschnitte des Festlandes und der
Meere auf. Mit einem ebensolchen Gerät wurden gleichzeitig die optischen Charakteristika der Atmosphäre ge-
messen. Die Salut-Besatzung beobachtete und fotografierte verschiedenartige atmosphärische Gebilde, Taifune,
Zyklone, die Wolkendecke und vom geologischen Standpunkt aus charakteristische Teile der Erdoberfläche. Die
Informationen werden zum Fortschritt bei der Erkundung der Naturreichtümer beitragen und eine wesentliche
Rolle in der Meteorologie spielen; sie ermöglichen beispielsweise eine exaktere Wettervorhersage. Weiterhin werden
sie in der Landwirtschaft, in der Melioration, in der Geodäsie und in der Kartographie verwendet.

Auch der weitere Fortschritt der Astronomie und der Astrophysik hängt auf das Unmittelbarste mit dem Einsatz
wissenschaftlicher Instrumente außerhalb der Atmosphäre zusammen. Bekanntlich gibt es für die astronomischen
Geräte auf der Erde nur zwei relativ kleine „Fenster“ der Atmosphärendurchlässigkeit. Langwellenradiofrequenz-
strahlung, ein beträchtlicher Teil der Ultraviolett- sowie Infrarot-, Röntgen- und Gamma-Strahlung läßt die
Atmosphäre nicht durch. Indessen liefern die elektromagnetischen Wellen aller Bereiche – von einigen hundert
Metern Länge bis zu winzigen Bruchteilen eines Mikrons – wertvolle Informationen über das Weltall und die dort
ablaufenden Prozesse. Daher haben die astronomischen Beobachtungen, die die Salut-Besatzung mit Hilfe eines
Gamma-Teleskops und des astrophysikalischen Observatoriums Orion vorgenommen hat, eine so große Bedeutung.
Die Kosmonauten führten Experimente zur Messung des Strahlungspegels und der Strahlungsgewebedosis aus,
die praktische Bedeutung für die Entwicklung eines wirksamen dosimetrischen Kontrollsystems haben. Es wurden
Beobachtungen an Mikrometeoriten vorgenommen. Der Einfluß des kosmischen Milieus auf die optische Oberfläche
der Bullaugen mit unterschiedlichen chemischen Belagen und auf die Eigenschaften spezieller optischer Muster
wurde untersucht. Ziel dieser Forschungen ist die Schaffung vollkommener astronomischer Instrumente für
außeratmosphärische Beobachtungen. Mit Hilfe des Mehrzweckgerätes Ära wurden Untersuchungen der Hochfre-
quenzelektronenresonanz an Spezialfunkantennen vorgenommen, die Parameter der Ionosphäre gemessen, die
räumliche Verteilung der geladenen Teilchen in der Nähe der Station untersucht und das Potential ihres Gehäuses
bestimmt. Es wurden auch andere Prozesse und physikalische Erscheinungen untersucht, die mit der Bewegung
der Station im verdünnten Niedrigtemperaturplasma zusammenhängen.

Der gesamte Komplex der wissenschaftlichen und technischen Angaben, der gegenwärtig sorgfältig ausgewertet
wird, bildet wichtiges Material für weitere Forschungen. Die Arbeitserfahrungen der Kosmonauten haben gezeigt,
daß die bemannte Station Salut ein Raumlaboratorium ist, das sich gut für Experimente unter den Bedingungen
eines Orbitalfluges eignet.

Zweifelloso werden noch größere und kompliziertere bemannte Mehrzweck- und Spezialraumstationen gebaut wer-
den. Niemals aber wird die Bedeutung der von der ersten Besatzung der ersten bemannten Orbitalstation geleisteten
Arbeit und der von ihr ausgeführten Experimente verblasen, die eine wichtige Etappe der Weltraumforschung
einleiteten.

Nach: Akademikermitglied B. Petrow, Held der Sozialistischen Arbeit, in „Prawda“ vom 4. 7. 71 (gekürzt).

Aus PdsU 88/71.



Astronomie und Raumfahrt

INHALT

Johann Kepler – Leben und Werk · Prof. Dr. Johannes Hoppe	161
Das Effelsberger Radioteleskop · Horst Hoffmann	167
513 Mondkrater erhielten Namen	171

Aus der Literatur

Das teuerste Auto der Welt	175
Ist eine Supernova-Explosion zu erwarten? — Neues vom Gum-Nebel	182
Zwei neue Milchstraßensysteme — Ist Mangan kosmischen Ursprungs? — Gemeinsame Beobachtung von Quasaren — Scheinprozeß zum Weltraumrecht.	3. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Anwendungsmöglichkeiten der Äquidensitenteknik für den Amateurastronomen · Dietmar Kitta	176
---	-----

Perspektiven der geodätisch-astronomischen Arbeiten mit Fundamentalinstrumenten · Prof. Dr. Heinz Kautzleben	179
---	-----

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Weltraumforschung und Weltgesundheit. Spezialaufgaben und Aktivitäten der WHO heute und morgen · Dr. Harry Fellhauer	183
Entwicklungstendenzen der amerikanischen Raumfahrt und deren Ziele · Martin Bork	187

Buchbesprechung

Keplers Leben in Bildern und nach eigenen Berichten	4. Umschlagseite
---	------------------

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Fernsprecher: 4297 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1971 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zugestellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/68 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle

Johannes Kepler - Leben und Werk

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE



*Dr. Keplerus
Mathematicus*

Die Bedeutung Keplers geht weit über seine wissenschaftliche Arbeit hinaus. Er allein hat das Beispiel gegeben, wie die Naturwissenschaft von jeder dogmatischen Bindung zu lösen ist; ihm verdankt sie ihre Autonomie – und die Menschheit wird ihm noch mehr verdanken können, wenn die, welche sich der Forschung widmen, stets im Keplerschen Geist wirken und lehren.

W. Gerlach, Die Naturwissenschaften, 1961.

Im Zusammenhang mit den himmelsmechanischen Grundlagen der Raumfahrt werden beim Eingehen auf die Bahnen der künstlichen Erdsatelliten und bei der Abschätzung der Möglichkeiten lunarer und interplanetarer Experimente, der Name und die astronomischen Leistungen eines Mannes genannt, der um die Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert gelebt hat: Johannes Kepler.

Er war der erste Naturwissenschaftler, der die Gesetze der Bewegung der Planeten im Raume richtig erkannte und so formulierte, daß man sie noch heute mit ausreichender Genauigkeit für viele Näherungsrechnungen anwenden kann.

Am 27. Dezember 1971 begehen wir den 400. Geburtstag dieses großen Naturforschers. Das sei der Anlaß, sein Leben und sein wissenschaftliches Werk hier darzulegen.

Kindheit und Studium

Johannes Kepler ist in Schwaben, in Weil der Stadt geboren, wo sein Großvater, Sebald Kepler, Bürgermeister war. Dessen vierter Sohn Heinrich und die Tochter Katharina des Schulzen Guldenmann aus Eltingen waren seine Eltern. Als Siebenmonatskind kränkelte er leicht, überstand zwar, dreijährig, die Blattern, behielt aber eine Schwäche seiner Augen zurück.

Bis zum 4. Lebensjahr wuchs er im Hause seiner Großeltern auf, da seine Eltern ein wildes Wanderleben führten. Auch in der Folgezeit war die nicht glückliche Ehe oft noch durch wirtschaftliches Mißgeschick getrübt. Dies wirkte sich auch nachteilhaft auf seine vierjährige Grundschulbildung aus, die er mit 6 Jahren begann, aber erst mit 12 Jahren, nach mehrfachen Unterbrechungen, jedoch mit guten Leistungen, abschließen konnte.

Da er zur Landarbeit und für einen gewerblichen Beruf zu schwach war, beschlossen seine Eltern, ihn studieren zu lassen. So kam er mit 13 Jahren in die Internatsschule zu Adelbach, die er nach vorzüglich bestandener Abschlußprüfung, 15jährig, mit der höheren Klosterschule zu Maulbronn vertauschte. Hier dauerte die schulische Weiterbildung drei Jahre, jedoch erwarb er bereits mit 17 Jahren durch eine Vorprüfung an der Universität Tübingen den ersten akademischen Grad, das Bakkalaureat. Mit 18 Jahren wurde Kepler immatrikuliert, in das

Tübinger evangelische Stift aufgenommen und erwarb nach zwei Jahren an der Landesuniversität Tübingen die Magisterwürde.

Während dieser Zeit betrieb er mit besonderem Eifer mathematische und astronomische Studien, wobei ihn sein Mathematiklehrer, Mästlin, sehr förderte und auch mit der neuen Lehre des Kopernikus bekannt machte. Seitdem war Kepler ein überzeugter Anhänger des heliozentrischen Planetensystems, obwohl dieses an den Universitäten öffentlich nicht gelehrt werden durfte.

Aber nicht nur in diesem Punkte, sondern auch in theologischen Fragen stieß der im logischen Denken geübte angehende Naturwissenschaftler auf Widersprüche und war nicht bereit, sie unterwürfig hinzunehmen. Dieses freimütige Eintreten für die einmal erkannte Wahrheit blieb den unduldsamen Hütern der lutherischen Rechtgläubigkeit nicht verborgen. Man mußte Keplers Fähigkeiten und Kenntnisse anerkennen, fand an seinem Lebenswandel nichts Nachteiliges, hielt ihn aber als Theologen nicht tragbar.

Der junge Magister schreibt in Graz sein erstes Werk

Als die Stelle des Mathematikprofessors am protestantischen Gymnasium in Graz zu besetzen war, bestimmte man ihn für dieses Amt. Noch vor Abschluß seines Theologiestudiums trat der noch nicht 23jährige Magister seine Stellung dort an, die für sein wissenschaftliches Schaffen von entscheidender Bedeutung werden sollte.

Neben seinen schulischen Aufgaben hatte Kepler in Graz auch die Pflicht, alljährlich einen Kalender mit den damals üblichen Prognostiken herauszugeben. Doch fand er auch Zeit und Muße, sich mit astronomischen Studien zu beschäftigen. Hier entstand sein erstes Werk mit dem Titel „*Prodromus Dissertationum Cosmographicarum continens Mysterium Cosmographicum*“, zu deutsch „Vorbote kosmographischer Abhandlungen enthaltend das Weltgeheimnis“.

Dieses Werk des jungen Kepler zeigt bereits alle Merkmale des reifen Forschungsstils späterer Jahre. Nach dem Vorbild der Harmonienlehre des Pythagoras versucht er die Abstände der Planeten durch eine zahlenmäßige Konzeption darzustellen. Unerschrocken legt er diesem Weltplan das kopernikanische System zugrunde. Die Abstände zwischen den Sphären der damals bekannten 6 Planeten läßt er durch die 5 regulären (Platonischen) Körper halten. Er findet so im Wechsel zwischen Planetensphäre und regulärem Körper die Reihe: Merkur — Oktaeder — Venus — Ikosaeder — Erde — Dodekaeder — Mars — Tetraeder — Jupiter — Hexaeder — Saturn.

Durch diese faszinierende Komposition wurde Kepler in der damaligen Gelehrtenwelt rasch bekannt. Mit Hilfe Mästlins gelang es ihm sogar, das Werk in Tübingen drucken zu lassen, allerdings nur unter der Bedingung, daß er die Beweise für die Übereinstimmung der Bibel mit der Lehre des Kopernikus herausnahm. Die Ablehnung seines Werkes durch die Gegner des kopernikanischen Weltsystems war ihm gleichgültig, auch lag ihm nicht viel an den Lobeserhebungen begeisterter Enthusiasten. Den größten Wert legte er auf das Urteil Brahes, des damals führenden Astronomen in Europa. Brahe jedoch, selbst Urheber der Darstellung des letzten geozentrischen Weltsystems, fand anerkennende Worte nur für die mathematische Umsetzung der großartigen Idee, wies aber darauf hin, daß der Aufbau des Planetensystems nicht deduktiv, sondern aus Beobachtungsdaten ermittelt werden müßte. Mit dem Hinweis auf seine zahlreichen Planetenbeobachtungen lud er Kepler zu einem Gedankenaustausch ein, wohl in der Erwartung, ihn als Mitarbeiter für die Auswertung der Beobachtungsdaten zu gewinnen.

Der junge Kepler, der sehr zur spekulativen Naturbetrachtung neigte, wurde durch Brahes Kritik auf die Forschungsmethode gelenkt, durch die er später seine großen Erfolge erringen sollte. Tycho Brahe hatte 1599 am Hofe Kaiser Rudolphs II. eine neue Wirkungsstätte gefunden und Kepler besuchte ihn im Jahre 1600 auf Schloß Benatek, das provisorisch als Sternwarte hergerichtet war. Hier wurde für Kepler ein Vertrag als Assistent vorbereitet.

Als er wenig später durch die Gegenreformation seine Anstellung in Graz verlor, trat er die in Aussicht genommene kaiserliche Anstellung bei Brahe an. Die Zusammenarbeit der beiden Männer gestaltete sich schwierig. Kepler hatte zur Bearbeitung des Planeten Mars zugewiesen erhalten, bekam aber von dem mißtrauischen Brahe nur wenige Beobachtungsdaten, da dieser befürchtete, sie würden zur Stützung des heliozentrischen Systems verwendet. Auf die Dauer wäre es wohl zu einem Bruch zwischen beiden Männern gekommen, wenn nicht der plötzliche Tod Brahés im Herbst 1601 dieses schwierige Verhältnis gelöst hätte.

Als kaiserlicher Mathematiker in Prag

Kepler wurde Brahés Nachfolger und damit kaiserlicher Mathematiker. Nach Erfüllung einiger Wünsche der Erben Brahés hatte Kepler den wertvollen Beobachtungsschatz zur Verfügung. Die nun folgenden 11 Jahre des Prager Aufenthalts waren für Kepler eine Zeit fruchtbaren Schaffens, das seinen Niederschlag in einer Reihe von Veröffentlichungen fand. So erschien bereits 1601 die *Cosmotheoria*, eine Schrift gegen die landläufige Astrologie. Darin rät Kepler jedoch, nicht von vornherein alles zu verwerfen, sondern „die Edelsteine aus dem Mist“ auszuslesen. Diesen Rat hat freilich noch kein Astrologe befolgt.

Im Jahre 1604 erschien der optische Teil der Astronomie (*Astronomiae pars Optica*). Kepler hatte erkannt, welche Bedeutung die Optik für die Genauigkeitssteigerung der astronomischen Beobachtungen hat. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in diesem Werk zusammengefaßt. Er behandelt Fragen der Natur des Lichtes und der Farben, die Bildentstehung in der Lochkamera und durch Spiegel. Bei der Strahlenbrechung (Refraktion) war er dem Brechungsgesetz nahe. Er beschreibt den Sehvorgang, erkennt die Funktion des Auges und die Wirkungsweise von Linsen bei Kurz- und Weitsichtigkeit. Bei der Betrachtung der Brennpunkteigenschaften von Ellipse, Parabel und Hyperbel führt er das Wort Fokus in die Fachsprache ein. Die Art, wie er die Probleme anfaßte, war mustergültig und diente für Generationen als Vorbild.

Als im Herbst des gleichen Jahres im Sternbild Schlangenträger unweit von Mars, Jupiter und Saturn eine Nova aufleuchtete, mußte er als kaiserlicher Mathematiker von Amts wegen dazu Stellung nehmen. Er tat dies zunächst in populärer Form und zwei Jahre später (1606) im Rahmen einer wissenschaftlichen Bearbeitung der ihm bekannt gewordenen Beobachtungen. Dabei rechnet er mit astrologischen Deutungen ab, die an das Erscheinen der Nova geknüpft wurden.

Beachtenswert ist seine Schrift, die er aus Anlaß des im Herbst 1607 erschienenen Kometen verfaßte. Nach Ablehnung der atmosphärischen Kometentheorie des Aristoteles, vertritt er die Ansicht, daß sich die Kometen durch Kondensation aus „Himmelsluft“ bilden. Die Schweife entstehen durch die Sonnenstrahlung, die den Kometenkörper durchdringt und etwas von dessen Materie mit sich nimmt.

Im Jahre 1609 erschienen drei wissenschaftliche Arbeiten Keplers. In der ersten behandelt er eine Lochkamerabeobachtung der Sonne vom 28. Mai 1607, bei der er auf der Sonne einen dunklen Fleck, wie eine kleine Fliege, entdeckt. Er hielt ihn, infolge der damals sehr ungenauen Ephemeriden, für Merkur. Später, als die Sonnenflecken mit Hilfe von Fernrohren entdeckt worden waren, berichtete er seinen Irrtum.

Kepler findet und formuliert die ersten Gesetze der Planetenbewegung

Die zweite Veröffentlichung enthielt die Entdeckung der ersten beiden Gesetze der Planetenbewegung und erschien unter dem Titel „Neue Astronomie ursächlich begründet oder Physik des Himmels“ (*Astronomia Nova aitiologia seu Physica Coelestis, tradita in commentariis de Motibus Stellae Martis*). Diese Arbeit ist ein großes Meisterwerk der naturwissenschaftlichen Literatur, nicht nur wegen der bedeutenden Ergebnisse und der zahlreichen neuen

Gedanken, sondern vor allem wegen der unwälzenden neuen Forschungsmethode, die für die Weiterentwicklung der Astronomie richtungweisend wurde. In dramatischer Darstellung läßt Kepler den Leser am Werden der neuen Erkenntnisse mit Fehlschlägen und Erfolgen teilnehmen. Er begann mit den üblichen Verfahren der Bearbeitung und zeigte, daß die noch von Kopernikus verwendeten Kreisbahnen mit den Beobachtungen Brahes nicht in Einklang zu bringen waren. Dabei spielte die bis dahin unübertroffene Beobachtungsgenauigkeit der Planetenpositionen eine ebenso wesentliche Rolle, wie die verhältnismäßig große Exzentrizität der Marsbahn.

Keplers unbeirrbare Achtung vor den Beobachtungsdaten zwang ihn zum Verlassen der herkömmlichen Verfahren. Nun stellte er die physikalische Idee in den Mittelpunkt seiner Arbeit — die später zur Himmelsmechanik führte —, daß sich in der Sonne der Sitz der Kraft befindet, die die Planetenbewegung verursacht.

Wie weit Kepler mit diesem Leitgedanken, Astronomie und Physik zu verbinden, seinen Zeitgenossen voraus war, geht daraus hervor, daß selbst sein Lehrer Mästlin, der ein angesehener Astronom war, physikalische Gesichtspunkte in der Astronomie für verfehlt hielt. Kepler stellte seine Himmelsphysik an die Stelle der Himmelsmetaphysik des Aristoteles. Von Ptolemäus bis Brahe hatte man sich damit begnügt, aus Kreisbewegungen eine kinematische Beschreibung der Planetenbewegungen zu erhalten; Keplers Ziel war, dafür eine dynamische Erklärung zu geben. Er kleidete seine Erkenntnis in die Feststellung: „Die Sonne ist die Quelle der bewegenden Kraft, die in der Nähe stärker, in der Ferne schwächer wirkt“. Hiermit war Kepler, wie Alexander von Humboldt feststellte, „volle 78 Jahre vor dem Erscheinen von Newtons unsterblichem Werk der Gravitationstheorie am nächsten“.

Bei seiner Arbeit hatte Kepler oft Integrationsaufgaben zu lösen. Er bewältigte sie durch Summenbildung, so daß die „*Astronomia Nova*“ auch ihre Bedeutung für die Vorgeschichte der Infinitesimalrechnung hat.

Das zweite Gesetz der Planetenbewegung fand Kepler bereits im Jahre 1601. Die deutsche Übersetzung seiner Formulierung lautet: (II) Die Summe der Zeiten, in welcher ein endlicher Bogen beschrieben wird, ist also proportional der Summe der Entfernungen, d. i. der Fläche, welche der Radiusvektor durchstreift.

Die Auffindung der geometrischen Form der Marsbahn hat Kepler viel Zeit gekostet, weil er zunächst bei der mathematisch am einfachsten darstellbaren geschlossenen Bahnkurve, dem Kreis begann. Er hat es später selbst bedauert und schließlich im Jahre 1605 die richtige Erkenntnis als erstes Gesetz formuliert. Ins Deutsche übersetzt lautet es: (I) Die Bahn des Mars ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt sich der Mittelpunkt der Sonne befindet.

Das Manuskript der „*Astronomia Nova*“ war im Jahre 1605 fertig. Bis zum Erscheinen des Werkes vergingen noch 4 Jahre, weil kein Geld zum Druck vorhanden war und seitens der Erben Brahes Schwierigkeiten gemacht wurden, da ihrer Meinung nach der Inhalt nicht dem Wunsche des Verstorbenen entsprach.

In einer dritten Veröffentlichung im Jahre 1609 wendet sich Kepler gegen den Kometenaberglauben Rösins, eines Anhängers des Tychonischen Planetensystems. Er verteidigt die kopernikanische Lehre der Planetenbewegung und spricht von einem Wirbel, durch den die Planeten um die Sonne herumgezogen werden.

Noch zwei größere Arbeiten konnte Kepler in Prag abschließen. Als er die Publikation Galileis über die Entdeckung der Jupitermonde erhielt, stimmte er als einer von wenigen Wissenschaftlern diesem Ergebnis mit Begeisterung zu. Im Jahre 1610 erschien die „*Dissertatio cum Nuncio sidereo*“, in der er die Entdeckung nicht nur würdigt, sondern eigene Gedanken daran anknüpft. So schließt er aus Gründen der Harmonie von den 4 Jupitermonden auf 6—8 Saturnmonde und 2 Marsmonde, erwägt die Möglichkeit, daß auch diese Weltkörper Leben tragen könnten und knüpft daran die Hoffnung, daß es einmal möglich sein sollte, zu diesen Körpern hinzugelangen.

Die Erfindung und der astronomische Einsatz des Fernrohres veranlaßte ihn zum Studium dieser optischen Möglichkeiten. Die dabei gewonnenen Ergebnisse fanden ihren Niederschlag in der äußerst kurzen Schrift „Dioptrik“, die eines der bedeutendsten und klarsten seiner Werke ist. Er untersucht darin die Wirkungsweise einzelner Linsen, sowie von Linsenkombinationen. Auf dieser Grundlage wird die Theorie des astronomischen Fernrohres begründet, das nach ihm auch Keplersches Fernrohr genannt wird. In der Vorrede zu diesem Werk werden die späteren Entdeckungen Galileis behandelt, die Venusphasen und die rätselhafte Gestalt des Planeten Saturn.

Mit dem Erscheinen der „Astronomia Nova“ war Keplers Hauptaufgabe in Prag erfüllt. Die Schaffung neuer Planetentafeln, die Brahe selbst noch dem Kaiser Rudolf II. zu Ehren als „Tabulae Rudolphinae“ angekündigt hatte, sollte sein Schwiegersohn Tenggeln herstellen; der aber war dazu nicht in der Lage. So fiel diese Aufgabe wieder Kepler zu. Da sich aber die Unruhen in Böhmen mehrten, hatte Kepler versucht, eine Anstellung an der Tübinger Universität zu erhalten. Doch seine unveränderte Haltung in religiösen Fragen machte die anfängliche Aussicht wieder zunichte. Sein Gönner, Kaiser Rudolf II., war ein kranker Mann, der den Thron an seinen Bruder Matthias verloren hatte.

Keplers Arbeiten in Linz

Als sich Kepler die Möglichkeit bot, in den Dienst der oberösterreichischen Stände in Linz zu treten, genehmigte Kaiser Matthias diesen Wechsel der Arbeitsstätte, behielt aber Kepler als kaiserlichen Mathematiker für besondere Dienste.

In dieser Eigenschaft mußte Kepler 1613 auf dem Regensburger Reichstag als Sachverständiger zur Kalenderreform sprechen. Aus der notwendigen Erneuerung des Kalenders war durch die Glaubensspaltung ein Kalenderstreit geworden, der heftig entbrannte, als durch den Papst Gregor XIII. der neue Kalender in den katholischen Ländern eingeführt wurde.

Keplers Gutachten war sachlich. Er lehnte die theologischen und politischen Argumente ab und ließ nur die mathematischen gelten. Weil der neue Kalender astronomisch, soweit möglich, richtig ist, muß er angenommen werden. Damit unterwirft man sich nicht dem Papst, sondern folgt der Vernunft. Eine Einigung wurde jedoch nicht erreicht.

Außer der Fertigstellung der Rudolphinischen Tafeln hatte Kepler noch drei weitere große Werke geplant: die Schaffung neuer Ephemeriden als Grundlage für die Kalender und als Vorarbeit für die Tafeln; die Herausgabe eines mehrbändigen Kompendiums der Astronomie und ein zusammenfassendes Werk über den harmonischen Aufbau des Weltalls.

Unter den zahlreichen kleineren Veröffentlichungen ragen wieder 6 bedeutendere Arbeiten hervor: zwei über die Volumenberechnung von Rotationskörpern, die als Vorarbeiten zur Infinitesimalrechnung viel beachtet wurden; 5 Jahrbücher mit den Ephemeriden der Planeten auf Grund der Ergebnisse der „Astronomia Nova“; ein dreibändiges Werk über die Kometen; ein logarithmisches Tafelwerk, dessen Zahlenwerte er nach einer selbstentwickelten Methode berechnet hatte, sowie eine Anleitung zum Gebrauch dieser Tafeln, und schließlich eine Ausarbeitung seiner Gedanken über die Natur des Mondes, die er wegen ihres hypothetischen Charakters als Traum darstellt. Das noch unvollständige Manuskript wurde erst 4 Jahre nach Keplers Tode von seinem Sohn Ludwig fertiggestellt und zum Druck gegeben.

In Linz war Kepler Professor der Mathematik an der Landschaftsschule, hatte außerdem die Aufgaben eines Landschaftskartographen zu versehen mit dem Auftrage, eine neue Landkarte Oberösterreichs aufzunehmen. Da er beruflich viel unterwegs sein mußte, kam er mit seinen großen Werken nur langsam voran. Dazu kam noch die Aufregung über die Verleumdung seiner betagten Mutter als Hexe. Da seine schriftlichen Eingaben keinen durchgreifenden Erfolg hatten, reiste er zweimal in seine Heimat. Durch sein persönliches Eingreifen konnte er schließlich für seine Mutter einen Freispruch erwirken.

Bei den zeitraubenden Berechnungen für das neue Ephemeridenwerk bediente sich Kepler erstmalig der logarithmischen Rechenverfahren. Hierfür mußten zuvor aus den Beobachtungstagebüchern Brahes die Bahnelemente der übrigen Planeten außer Mars abgeleitet werden.

Der 1. Teil wurde 1617 fertig, der Druck verzögerte sich aber bis ins Jahr 1619. Der 2. und 3. Teil konnte erst im Jahre 1630 erscheinen.

Den Abriß der kopernikanischen Astronomie (*Epitome Astronomiae Copernicanae*) gab Kepler in 3 Teilen heraus: den sphärischen, den theoretischen und den physischen Teil. Diese Dreiteilung der Astronomie hat sich bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts erhalten. Der 1. Teil umfaßte 3 Bücher und erschien im Jahre 1618. Der 2. Teil war das 4. Buch und erschien 1620 und der 3. Teil, Buch 5 bis 7, im Jahre 1621. Das Werk sollte nach Keplers Absicht die Lehre des Kopernikus in weiten Kreisen bekannt machen. Er hatte deshalb diese „*Summa Astronomica*“ in leicht verständlicher Sprache geschrieben und für einen geringen Preis herstellen lassen. Obwohl das Werk vom Römischen Offizium verboten wurde, hat es entscheidend zum Durchbruch der kopernikanischen Lehre beigetragen. Kepler war durch diese Maßnahme gewarnt und hat den Ruf als Nachfolger Maginis auf den Lehrstuhl der Mathematik der Universität Bologna abgelehnt, weil er die Redefreiheit, die er in Deutschland hatte, nicht aufgeben wollte.

Die 5 Bücher der Weltharmonien (*Harmonices Mundi libri quinque*) erschienen im Jahre 1619. Seit 1599 arbeitete Kepler an diesem Werk, das den Kern seiner Weltbetrachtung offenbart. Es enthält nicht nur astronomische Elemente, sondern auch solche der Architektur, der Philosophie und der pythagoräischen Sphärenmusik. Die Krönung der Weltharmonien ist jene Beziehung zwischen den mittleren Abständen und Umlaufzeiten, die Kepler 12 Tage vor Abschluß der Arbeit fand. Dieses dritte Gesetz hat, ins Deutsche übertragen, folgenden Wortlaut: (III) Es ist ganz gewiß, daß das Verhältnis der periodischen Umlaufzeiten genau das einundeinhalbfache*) des Verhältnisses der mittleren Entfernungen der Planeten, d. i. der Planetensphären selbst, ist.

Ulm und Sagan – die letzten Stationen auf Keplers Lebensweg

Das letzte große Werk Keplers, die Rudolphinischen Tafeln, war im Jahre 1624 bereits im Manuskript fertiggestellt; daß es erst drei Jahre später erscheinen konnte, hatte zwei Gründe. Zum ersten fehlte das für den Druck notwendige Geld, und dann setzte auch in Linz eine Protestantenverfolgung ein.

Unter diesen Umständen erhielt Kepler die Erlaubnis des Kaisers, für die Herstellung der Tafeln sich einen ruhigeren Ort auszusuchen. Er verließ im Spätherbst 1626 mit seiner Familie Linz in Richtung Regensburg, wo er die Seinen bei Verwandten zurückließ und selber nach Ulm ging. Im folgenden Jahr erschienen die „*Tabulae Rudolphinae*“, gelegentlich auch als „*Ulmer Tafeln*“ bezeichnet, also jenes astronomische Werk, das über 100 Jahre lang die Grundlage für die Berechnung der Ephemeriden der Planeten war. Mit dieser Arbeit war Keplers Auftrag dem kaiserlichen Hofe gegenüber erfüllt.

Kaiser Ferdinand II empfahl Kepler an den damals noch mächtigen Fürsten Albrecht von Wallenstein. Der war erfreut, den berühmten Astronomen gewonnen zu haben und versprach sich von ihm eine bessere Beratung als von seinem Leibastrologen Seni. Der Aufforderung Wallensteins, seinen Wohnsitz nach Sagan zu verlegen, folgte Kepler erst im Jahre 1628. Der vom kaiserlichen Hofe übernommenen Verpflichtung zur Auszahlung der Gehaltsrückstände kam Wallenstein nie nach, bot Kepler stattdessen den Lehrstuhl für Mathematik an der Universität in Rostock an. Doch Kepler lehnte ab und unternahm im Herbst 1630 die Reise zum Reichstag nach Regensburg, um dort persönlich sein Recht durchzusetzen, da er um die Zukunft der Seinen besorgt war. Bevor er jedoch etwas erreichen konnte, erkrankte er, von dem weiten Ritt körperlich überfordert, und schloß am 15. November 1630 seine Augen für immer.

*) Älterer Ausdruck für die $3/2$ te Potenz eines Verhältnisses.



Kepler hinterließ vier unmündige Kinder im Alter von einem halben bis 9 Jahren und deren Mutter, seine zweite Frau. Er hatte die 18 Jahre jüngere Susanne Reutlinger 1613 in Linz geheiratet, zwei Jahre nach dem Tode seiner ersten Frau Barbara Müller von Mühleck, von deren 5 Kindern 3 starben und nur die Tochter Susanne und der Sohn Ludwig die Familie fortsetzten.

Nach der Absetzung Wallensteins 1630 entfiel auch eine Rente für Keplers Witwe, die ihren Mann nur wenige Jahre überlebte.

Die Geburtsstadt Keplers hat ihren großen Sohn durch ein Denkmal geehrt. In seinen unvergänglichen wissenschaftlichen Werken lebt der große Mann noch heute unter uns.

Kepler-Denkmal in Weil der Stadt.

Das Effelsberger Radioteleskop

HORST HOFFMANN

Am 12. Mai 1970 wurde das 100-m-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in der Nordeifel in Betrieb genommen. Es ist die bisher größte vollbewegliche Antenne, deren Parabolreflektor über den Empfang kosmischer Radiostrahlung im Bereich von 50 cm bis 2 cm Wellenlänge eingesetzt werden soll. Kurz vor der feierlichen Eröffnung hatte der Autor Gelegenheit, das Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIFR) in Bonn und das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg zu besuchen.

Das riesige Radioteleskop steht in einem abgelegenen Nebental der Ahr unweit des kleinen Eifeldorfes Effelsberg zwischen Bad Münstereifel und Altenahr. Schneeweiß zeichnet sich die Schüssel vor dem dunklen Hintergrund bewaldeter Hügel ab. Der weiße Anstrich von Titandioxyd soll den Reflektor vor einseitiger Erwärmung schützen und selbst bei extremen Verhältnissen keine größeren Temperaturunterschiede als 5°C zulassen.

Zunächst ist die Größe des Teleskops schwer abzuschätzen, da die Landschaft keinen sicheren Vergleichsmaßstab bietet. Macht man jedoch die Menschen, Fahrzeuge und Gebäude in der Nähe des Instrumentes aus, so bekommt man die erste Vorstellung von seinen Abmessungen. Aber erst, wenn man selbst am Fuße des Teleskops steht, den Kopf im Nacken, oder von der Höhe der Fokuskabine in die Tiefe des Tales schaut, wird einem die Wucht der turmhohen Konstruktion richtig deutlich. Mit einer Höhe von 106 m und einem Gewicht von 3200 t fordert der Spiegel einen Vergleich mit dem System Saturn-Apollo heraus, das startbereit 111 m mißt und vollbetankt 2890 t wiegt.

Aus über 30 möglichen Standorten wurde der nämliche aus folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

Das Tal ist so abgelegen, daß Störfaktoren (Ansiedlungen, Hochspannungsleitungen, Rundfunk-, Fernseh- und Radarsender) weitgehend ausgeschlossen sind.

Das Tal ist so tief und die umliegenden Hügel sind so hoch, daß der Primärfokus auch in seiner höchsten Stellung geschützt wird. Innerhalb einiger Kilometer gibt es in jeder Richtung Berge, die das Teleskop um 100 m und mehr überragen.

Das Tal verläuft in Nord-Süd-Richtung, so daß auch südliche Objekte wie das Zentrum der Milchstraße beobachtet werden können.

Das Tal ist nur 35 km von Bonn entfernt, wo das Max-Planck-Institut für Radioastronomie seinen Stammsitz hat. So kann das Instrument von dort aus gut betrieben werden.

Das Tal liegt nur 12 km von Stockert ab, wo die beiden anderen Instrumente des Instituts, das 25-m- und das 10-m-Radioteleskop arbeiten.

Der erste Spatenstich erfolgte im Herbst 1967 und galt der Verlegung von zwei kleinen Bächen. Die Fundamentierungsarbeiten begannen im Februar 1968. Um eine hohe Stabilität des Teleskops zu gewährleisten, wurde das Fundament fest mit dem Felsuntergrund verbunden. Auf 154 Betonpfählen von 7 bis 11 m Länge und 1,20 m Durchmesser ruht der trapezförmige Fundamentring, der das Gesamtgewicht des Teleskops von 3200 t trägt. Dieser 4 m breite und 4 m hohe Stahlbetonring ist starr mit den Pfeilern verbunden und trägt auf einer Schiene von 30 cm Breite und 15 cm Höhe den Schienenkranz für die azimutale Drehung. Ein Königszapfenlager auf einem besonderen Fundament in der Mitte des Ringes dient zur Zentrierung des Teleskops. Die Azimutschiene ist mit einer Genauigkeit von 0,2 mm waagrecht justiert.

Im Oktober 1968 begann dann der Bau der Stahlkonstruktion. Zuerst wurden das Fahrwerkssystem und die Grundrahmen montiert. Die vier Fahrwerke, die das Teleskop auf dem Schienenkranz abstützen, sind durch einen Kastenträger von 3 m Bauhöhe miteinander verbunden und bilden eine stabile Plattform von 45 m Seitenlänge für die beweglichen Teile des Teleskops. Jede der vier Fahrwerksgruppen besteht aus 8 Rädern, die jeweils paarweise zu Fahrwerksschwingen zusammengefaßt sind. Vier der acht Räder eines Fahrwerks werden über Schaltgetriebe von 16 Elektromotoren zu je 25 kW angetrieben.

Auf diesen Grundrahmen wurden die beiden 50 m hohen tetraederförmigen Azimut-Türme mit den Lagern für die Kippbewegung errichtet, die heute den eigentlichen Reflektor tragen, und eine 20 m hohe Pyramide, auf deren Spitze der Elevationsantrieb montiert ist, der über 8 Motore von je 25 kW verfügt. Eine Thyristorsteuerung sorgt dafür, daß die 24 Motore das Teleskop auch bei böigem Wind mit der gewünschten Geschwindigkeit bewegen. Der diensttuende Operateur und der beobachtende Astronom halten sich in einem Steuerhaus auf, das nordwestlich des Teleskops an einem Hang liegt. Ein großes über zwei Etagen reichendes Fenster erlaubt ihnen, ständig die gesamte Anlage zu überblicken.

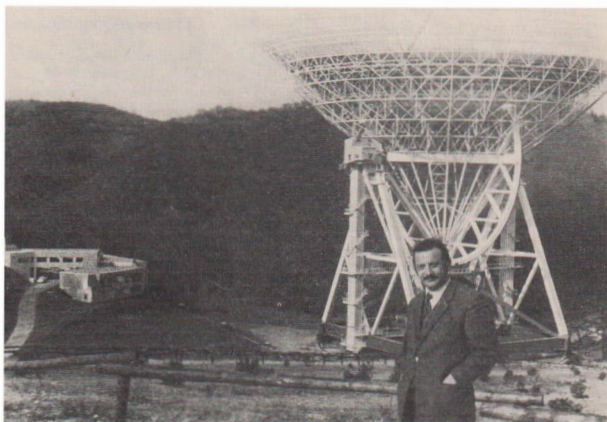


Abb. 1: Der Verfasser des Beitrags vor dem Effelsberger Radioteleskop.

Um die Größe des Parabolreflektors – 100 m Durchmesser und 8000 m² Fläche – zu verdeutlichen, hat man sie mit einem Fußballfeld verglichen, das um 360° gedreht und um 90° gekippt werden kann. Steht man vor dem Teleskop, so fesselt es den Blick zunächst durch ein mächtiges Stützwerk von Stahlrohren und ein Fachwerk von Verstrebungen. Steht man in der Schüssel selbst, so glaubt man, in den Trichter einer Rad- oder Motorrad-Rennbahn versetzt zu sein, an dessen steilen Wänden ein Wettkampf bevorsteht. Es überrascht deshalb nicht, wenn man von der Besatzung erfährt, daß diese Mulde im Winter zum Skilaufen einlädt und schon manche Schneeballschlacht erlebte. Die Oberfläche des Riesenspiegels zielt ein Ziegelwerk von 2352 Platten mit einer Größe von etwa 3 × 1,5 m; auf den inneren 60 m ein Aluminium-Sandwich-Panel, auf den mittleren 25 m Aluminium-Kassetten und auf den äußeren 15 m Maschendraht.

Die Konstruktionsprinzipien der Effelsberger Reflektorschale erläuterte Prof. Dr. Kristen Rohlfis vom MPJ für Radioastronomie: „Aufgabe des Reflektors ist es, die einfallenden elektromagnetischen Wellen im Brennpunkt zu vereinen. Dazu muß der Reflektor die Form eines Rotationsparaboloids haben; die Abweichungen von dieser Idealform dürfen nur Bruchteile der Wellenlänge ausmachen, für die das Instrument noch mit vollem Wirkungsgrad eingesetzt werden soll. Daher ist man bestrebt, möglichst genaue Reflektoren zu bauen, um sie bei kurzen Wellenlängen einsetzen zu können. Aber auch, wenn es gelingen sollte, einen Reflektor dieser Idealgestalt zu bauen, sobald er aus der Justierstellung herausgekippt wird, greifen Gravitationskräfte unter veränderten Winkeln an, und der Spiegel verformt sich, hat also seine Idealgestalt nicht mehr. Es ist nicht möglich, eine Stahlkonstruktion herzustellen, die so steif ist, daß bei einem 100-m-Spiegel diese Verformungen noch für Zentimeterwellen vernachlässigbar sind.“

Bei dem Bonner 100-m-Spiegel wurde daher ein anderer Weg beschritten. Man versuchte eine Konstruktion zu finden, die, wenn alle Punkte der Spiegeloberfläche einmal in die Form eines Rotationsparaboloids gebracht sind, diese Form behält, auch wenn sich die einzelnen Punkte der Oberfläche verschieben. Es kann sein, daß das neue Parabol einen anderen Scheitelpunkt hat, daß sich seine Brennweite verändert und die optische Achse verschoben hat, sie bleibt aber ein Rotationsparaboloid.

Der 100-m-Spiegel ist das erste Instrument, bei dem dieses Konstruktionsprinzip konsequent vom ersten Augenblick an angewendet wurde. Mit Hilfe großer Computer wurde für die gewählte Konstruktion berechnet, wie sich die einzelnen Knoten bei Kippung des Instrumentes verschieben. Durch eine systematische Veränderung der Stärke der einzelnen Stäbe, aus denen das Spiegelfachwerk zusammengesetzt ist, wurde dann erreicht, daß die Abweichungen von der Parabolfläche bei einer Spiegelkipfung kleiner wurden als ein vorgegebener Wert. Für ein solches Verhalten eines Körpers prägte von Hoerner den Ausdruck: homologe Deformation.

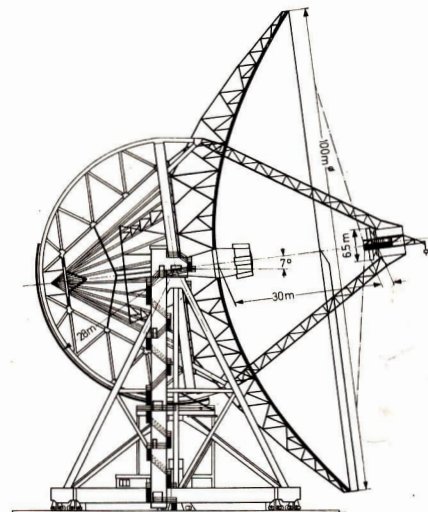


Abb. 2:
Konstruktionsplan des
110 m-Radioteleskops.

Die Befestigung der Elevationsachse an dem Reflektor ist ein besonders kritischer Punkt, wenn man ein gutes homologes Verhalten des Spiegels erreichen will. Es wurde daher eine ziemlich aufwendige Konstruktion gewählt. Der Spiegel wird ganz ähnlich unterstützt wie ein Regenschirm. Der eine Unterstützungspunkt befindet sich im Spiegelapex. Dort wird die Spiegelschale von einem großen Bolzen von fast 1 m Durchmesser gehalten. Und wie bei einem großen Regenschirm wird weiter außen ein Ring von 40 m Durchmesser von 24 m langen Stahlrohren aufgespannt, die hinter dem Spiegel zu einem Kegel zusammenlaufen, dessen Spitze der zweite Unterstützungspunkt ist. Diese beiden Punkte werden durch ein großes oktaederförmiges Tragegestell gehalten. Zwei Ecken des Oktaeders bilden die Elevationslager, eine hält die Spitze des großen Rohrkegels, die gegenüberliegende trägt die Primärfokuskabine.

In konsequenter Anwendung des Prinzips der homologen Deformation wurde für die 100-m-Antenne eine Stahlkonstruktion entwickelt, deren einzelne Teile elastisch so miteinander verbunden sind, daß der Spiegel in allen Kippstellungen und auch bei starkem Wind bei absoluten Verformungen bis zu 3 cm eine Parabolform bis zu 1 mm Genauigkeit beibehält. Da sich hierbei der Brennpunkt verlagert, muß die Hornantenne automatisch nachgeführt werden. Die daraus resultierende überaus hohe Genauigkeit des großen Spiegels ermöglicht auch Beobachtungen bei hohen Frequenzen, die bisher nur kleinen Teleskopen vorbehalten blieben.

Das Effelsberger Teleskop verfügt über zwei Fokus-Positionen, um mittels hochempfindlicher Empfänger die vom Spiegel gesammelte elektromagnetische Energie zu messen:

den Primärfokus, der 30 m über dem Spiegelscheitel liegt, so daß das Teleskop ein primäres Öffnungsverhältnis von $F:0,3$ hat. Unmittelbar hinter dem Brennpunkt befindet sich die Primärfokuskabine, von der aus die Empfänger und die Speiseantennen direkt in den Fokus gebracht werden können, den Sekundärfokus, der kurz oberhalb des Spiegelapex liegt. Hinter dem Primärfokus befindet sich ein zweiter elliptischer Hohlspiegel mit einem Durchmesser von 6,5 m, der den ersten Brennpunkt im Sekundärfokus abbildet. Die Äquivalentbrennweite dieses Gregory-Systems beträgt 360 m; das sekundäre Öffnungsverhältnis $F:3,6$. In dieser zweiten Position gibt es Empfänger für 13 cm, 11 cm, 6 cm und 3 cm. Alle anderen Frequenzen sind in der ersten Position untergebracht.

Im 100-m-Reflektor finden als Eingangshafen der Empfänger extrem rauscharme parametrische Verstärker Verwendung, deren erste Stufen durch ein Helium-Küllaggregat auf -260°C abgekühlt werden. Vom Empfänger gelangen die verstärkten Signale durch 350 m lange Kabel zum Empfängerbaum. Hier stehen für die Auswertung der Signale folgende Anlagen zur Verfügung: Mehrere Radiometer zur Messung von Kontinuums-Radiosignalen, ein Mehrkanal-Spektrometer mit $50 \times 100 \text{ kHz}$, $100 \times 16 \text{ kHz}$, $100 \text{ mal } 8 \text{ kHz}$, $100 \times 4 \text{ kHz}$ -Filtern, ein Autokorrelations-Spektrograph für Messungen von Spektrallinien, ein 1024-Kanal-Analysator zum Messen von Pulsaren, eine Rubidium-Atomuhr zur genauen Zeitbestimmung, eine Anlage zum Messen von Störungen.

Die Steuerung des Teleskops und die Verarbeitung der Meßdaten führt ein Rechner vom Typ Stear 500 aus (mittlere Zugriffszeit 1 sec; Wortlänge 24 bit; Kapazität des Kernspeichers 24000 Worte). Dieser Steuerrechner verwandelt die vom Beobachter gewählten astronomischen Koordinaten in Teleskopkoordinaten – Azimut und Höhe –, vergleicht diese Werte mit der an den Achsen des Reflektors mit digitalen Winkelmesssystemen ermittelten Positionen des Instrumentes und leitet daraus die Befehlssignale für die Fahrgeschwindigkeit des Teleskops ab.

Da diese Aufgaben nur einen Teil der Rechenzeit beanspruchen, soll der Argus 500, der durch einen Plattenspeicher ergänzt wurde, außerdem folgende drei Funktionen übernehmen: Datenverarbeitung, Datenspeicherung auf Magnetband mit Datenaufzeichnung auf Schnelldrucker (1000 Zeilen je Minute).

Für die Forschungsarbeit mit dem neuen 100-m-Radioteleskop werden am Max-Planck-Institut Arbeitsgemeinschaften bzw. Projektgruppen für folgende Aufgaben gebildet:

Untersuchung bisher unerforschter Bereiche unserer Milchstraße, insbesondere Polarisationsmessungen zur Klärung der Struktur des interstellaren Magnetfeldes;
Beobachtung von außergalaktischen Quellen. Der große Querschnitt der Antenne von 7850 m^2 Fläche erlaubt die Entdeckung außerordentlich schwacher Signale. Die Radioastronomen erwarten, mit dem neuen Teleskop mehr als 500 Quasare aus Entfernungen von mehr als 5 Milliarden Lichtjahren beobachten zu können;
Erforschung der Pulse unter Ausnutzung aller Vorzüge des Instruments; Untersuchung der Struktur der interstellaren Materie, z. B. in Emissionsnebeln mit Supernova-Überresten, mit Hilfe des Winkelauflösungsvermögens des Teleskops, das z. B. bei 5 cm Wellenlänge 2,5 Bogenminuten beträgt;
Messung von Spektrallinien, insbesondere Erforschung der erst kürzlich entdeckten Molekularlinien;
Zusammenarbeit mit anderen Radioteleskopen rund um die Erde – very long base Line interferometry;
Signalempfang von Raumflugkörpern, wie sie von den USA-BRD-Sonnensonden Typ Helios, von denen 1974 zwei gleichartige gestartet werden sollen, ausgesandt werden. Sie sollen sich unserem Zentralgestirn bis auf 50 Millionen Kilometer annähern.

Literatur:

MBB aktuell, 2. Jahrgang Nr. 6 – Mai 1971. – Rohlf, K., Das 100-m-Teleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie Bonn (Sonderdruck aus „Sterne und Weltraum“ 1970/6). – Wielebinski, E., Das 100-m-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts in Effelsberg (Sonderdruck des MPJ Bonn 1971). – Wielebinski, R., The Effelsberg 100-m-Radio Telescope (Sonderdruck „Naturwissenschaften“ 58, 109-116, Springer-Verlag 1971); 100 m Radio Telescope in Germany (Reprinted from Nature, Vol. 228, No. 5271, pp., 507-508, Nov. 7, 1970).

Technische Daten

Hauptspiegel (Parabol-Reflektor): Durchmesser 100 m, Brennweite 30 m, Tiefe 20,83 m, Fläche 7850 m², Gewicht 800 t.

Hilfsspiegel (Gregory-Reflektor): Durchmesser 6,5 m, Brennweite 387,5 m, Tiefe 1,459 m.

Kabinen: Primärfokus-Kabine, Durchmesser 5,8 m, Höhe 5,4 m. Sekundärfokus-Kabine, Durchmesser 4,8 m, Höhe 6,6 m.

Azmut: Fahrbahndurchmesser 64 m, maximale Geschwindigkeit der Drehung: 40°/min, volle Drehung um 360°: 9 min.

Elevation: Höhe der Achse über dem Schienenkranz 50 m, Länge der Achse 45 m, Radius des Kranzes 28 m, Kippbereich +5° bis +94°, maximale Geschwindigkeit der Kippung: 20°/min, volle Kippung um 90°: 4,5 min.

Schwenkbereich: 450° bis 270°.

Arbeitsbereich: Empfang von Radiowellen: 50 cm bis 2 cm, Auflösungsvermögen der Winkelwerterfassung: 2'', Breite der Antennenkanten bei 11-cm-Wellenlänge: 4,5', bei 6-cm-Wellenlänge: 2,5', bei 3-cm-Wellenlänge: 1,27'.

Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion: 3200 t.

Zeittafel

1956: Bau des 25-m-Radioteleskops des Radioastronomischen Instituts der Universität Bonn auf dem Stockert. Hauptaufgabe: Erforschung der Milchstraße, insbesondere der Struktur und Dynamik der interstellaren Materie.

1964: Beginn der Projektierungsarbeiten für das 100-m-Radioteleskop.

1965: Bau des 10-m-Radioteleskops des Radioastronomischen Instituts der Universität Bonn auf dem Stockert. Hauptaufgabe: Erforschung der Sonne.

1967: 1. Juli – Gründung des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, in das das Radioastronomische Institut der Universität Bonn aufging. Oktober – Beginn der Planierungsarbeiten für das 100-m-Radioteleskop.

1968: Februar – Beginn der Fundamentierungsarbeiten für den 100-m-Reflektor, Oktober – Baubeginn für die Stahlkonstruktion des 100-m-Spiegels.

1969: Dezember – Beginn des Teleskop-Rohbaues mit dem Hochziehen des ersten der zwölf Segmente der eigentlichen Spiegelschale.

1970: April – Beendigung des Teleskop-Rohbaues mit dem Hochziehen des zwölften Segmentes.

1971: 12. Mai – Offizielle Inbetriebnahme des 100-m-Radioteleskops, Oktober – Beendigung der Justierungsarbeiten und Beginn des Trainingsprogramms.

1972: Anlaufen der ersten Forschungsprogramme des 100-m-Reflektors.

1973: Erwartung der ersten Forschungsergebnisse.

1974: Einsatz der 100-m-Antenne als Bodenstation für die Datenerfassung der USA-BRD-Sonnensonden HELIOS.

513 Mondkrater erhielten Namen

Fortsetzung

Ohm	18 N	114 W
-----	------	-------

Georg S. (1787 – 1854), Deutscher Physiker; formulierte die Ohm'schen Gesetze, die Widerstand mit Spannung und Stromstärke in Beziehung setzen.

Olcott	20 N	117 E
--------	------	-------

William T. (1873 – 1936), USA; Autor vieler populärer Bücher über Astronomie; ein Gründer der AAVSO; leistete einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der organisierten Amateur-Astronomie.

Omar Khayyam

(etwa 1050 – 1123), Persischer Mathematiker, Astronom, Dichter; Hofastronom; hauptverantwortlich für den neuen persischen Kalender, der einen Fehler von nur einem Tag in 500000 Jahren hat; stellte astronomische Tabellen zusammen; hat möglicherweise die binomischen Formeln gefunden; geometrische und algebraische Lösungen von Gleichungen 2. Grades und einige Kubikwurzeln; im Westen für seine agnostische philosophische Poesie am bekanntesten.

Oppenheimer	35 S	166 W
J. Robert (1904–1967), USA-Physiker; Direktor des Los Alamos-Laboratoriums; Direktor des Instituts für Spezielle Studien, Princeton; war an der Entwicklung der Quantentheorie beteiligt, Verständnis der kosmischen Strahlen, grundlegende Korpuskeln und Relativität; führte den Gebrauch von symmetrischen Funktionen in Streuungsprobleme ein; Theorie der Neutronensterne; Entwicklung der Atombombe.		
Oresme	43 S	169 E
Nicole (etwa 1323–1382), Französischer Mathematiker; Gründer einer wichtigen Schule der mittelalterlichen Mechanik; entwickelte ein Kalkül von Proportionen und wandte es auf irdische und Himmelskinematik und Dynamik an.		
Orlov	26 S	175 W
Alexander Y. (1880–1954), UdSSR-Astronom; Gründer und Direktor des Gravimetrischen Observatoriums Poltawa, Observatorium Kiew; Geophysik, Kometenschweife.		
Nicholson	26 S	85 W
Seth B. (1891–1963), USA-Astronom, Mt. Wilson-Observatorium; Forschung über Sonnenastronomie, magnetische Klassifikation von Sonnenflecken; stellare Radiation; erfand (gemeinsam mit Pettit) Thermoelemente für das Studium der Planetenoberflächentemperaturen.		
Nièpee	72 N	120 W
Joseph N. (1765–1833), Französischer Physiker, Photograph; arbeitete mit Daguerre daran, die Erfindung der Photographie zu vervollkommen; stellte 1826 das erste Permanentphoto her.		
Nijland	33 N	134 E
Albertus A. (1868–1936), Deutscher Astronom; Direktor des Observatoriums Utrecht; Forschungen über Veränderliche Sterne, Sonnenfinsternisse, Kometen und Meteore.		
Nishina	45 S	171 W
Yoshio (1890–1951), Japanischer Physiker, Tokyo; Pionier des Studiums von kosmischen Strahlen, auch in der Entwicklung der wissenschaftlichen Studien in Japan; Klein-Nishina-Formel (Betr. Compton-Effekt).		
Nobel	15 N	101 W
Alfred B. (1833–1896), Schwedischer Erfinder; erfand das Dynamit und Spreng-„Gelatine“, Erfindungen auf dem Gebiet der Artillerie und Kunststoffe; führte die Nobel-Preise ein.		
Nöther	66 N	114 W
Emmy (1882–1935), Deutsche Mathematikerin; Professor der Universität Göttingen; Bryn. Mawr, Pa.; allgemeine und abstrakte Algebra (Feld-Theorie, Theorie der Ringe, Ideal-Theorie).		
Numerov	71 S	161 W
Boris V. (1891–1943), UdSSR-Astronom; Gründer und Direktor des Instituts für Theoretische Astronomie; Astronomie, Himmelsmechanik und Gravimetrie.		
Nuřl	32 N	167 E
F. (1867–1925), Tschechischer Astronom; Ondřejov-Observatorium, Professor, Prag; circumzenitale Teleskope.		
Obruchev	39 S	162 E
Vladimir A. (1863–1956), Sowjetischer Geologe; Erforschung der Geologie von Sibirien; Direktor und Organisator des Instituts für Vereisungsforschung der Akademie der UdSSR.		
Orlov		
Sergei V. (1880–1958), UdSSR-Astronom; Professor der Universität Moskau; Direktor des Sternberg-Institutes; Kometen, Kometenformen.		

Ostwald	11 N	122 E
Wilhelm (1853–1932), Deutscher Chemiker; ein Begründer der modernen physikalischen Chemie; Forschungen über Katalyse, chemische Reaktionsgeschwindigkeiten, Gleichgewichtsreaktion; Nobelpreis für Chemie 1909.		
Paneth	63 N	95 W
Friedrich A. (1887–1958), Deutscher Chemiker; Forschungen über Radioaktivität, Bestimmung des Alters von Gesteinen; verbesserte die Technik zum Messen kleiner Strukturen von Helium, wandte sie auf Meteoriten an; Alter von Meteoriten.		
Pannekoek	4 S	140 E
Antoni (1873–1960), Holländischer Astronom; Professor der Universität Amsterdam; Forschungen über Astrophysik; Struktur unserer Galaxis, extragalaktische Systeme und Kosmologie; Sternatmosphären.		
Papaleksi	10 N	164 E
N. D. (1880–1947), Sowjetischer Physiker, UdSSR Akademie der Wissenschaften; Theorie der nichtlinearen und parametrischen Schwingungen; parametrische Resonanz; radio-interferometrische Geodäsie und Navigation.		
Paracelsus	23 S	163 E
Theophrastus B. v. H. (1493–1541), Physiker, Chemiker, Naturphilosoph; Werke über Medizin, Chemie und Naturphilosophie; griff die Überbetonung der Autorität an, legte mehr Wert auf persönliche Beobachtungen.		
Paraskevopoulos	50 N	150 W
John S. (1889–1951), Südafrikanischer (Griechisch-amerikanischer) Astronom; Leiter der Boyden-Station des Harvard-Observatoriums; Photographie der südlichen Sterne.		
Parenago	26 N	109 W
Pavel P. (1906–1960), UdSSR-Astronom; Professor der Universität Moskau; Sternenastronomie, Verteilung der Sterne; Sternendynamik; Generalkatalog der veränderlichen Sterne.		
Parkhurst	34 S	103 E
J. A. (1861–1925), USA-Astronom; Professor der Universität Chicago, Yerkes-Observatorium; Sternphotometrie.		
Parsons	37 N	171 W
John W. (1913–1952), USA-Raketenwissenschaftler; verantwortlich für die Entwicklung ballistischer fester Treibstoffe in den 30er Jahren, für gießbare feste Treibstoffe auf Asphaltbasis in den frühen 40er Jahren und für die Entwicklung flüssiger Treibstoffe, z. B. Hydrazin; einer der Gründer von Aerojet Engineering Co. 1942.		
Paschen	14 S	141 W
Friedrich (1865–1940), Deutscher Physiker; Professor, Tübingen, Bonn, Berlin; Feinstruktur von Spektrallinien, Röntgenstrahlen, verwandte die Sommerfeld'sche relativistische Theorie der Atome; Infrarotstrahlung.		
Pauli	45 S	137 E
Wolfgang (1900–1958), (geb. in Wien), Physiker; Professor in Zürich; Nobelpreis 1945; Prinzipien der Wellenmechanik, Pauli-Verbot; postulierte das Neutrino.		
Pawlov	29 S	142 E
Iwan P. (1849–1936), Sowjetischer Physiologe, St. Petersburg; Nobelpreis 1904; Forschungen über den die Absonderung der Verdauungsdrüsen kontrollierenden Nervenmechanismus; stellte die Wichtigkeit des autonomen Nervensystems fest; studierte bedingte Reflexe, besonders bei Hunden.		
Pawsey	44 N	145 E
Joseph L. (1908–1962), Australischer Radioastronom; Radiophysikalisches Laboratorium CSIRO; Pionier der solaren und stellaren Radioastronomie.		

Pease	13 N	106 W
Francis G. (1881 – 1931), USA-Astronom, Mt.-Wilson-Observatorium; machte direkte Photographien und Spektrogramme von Nebeln und Sternhaufen, von Mond und Planeten; interferometrische Messungen von Sternendurchmessern; maß die Lichtgeschwindigkeit; entwickelte ein 100-Zoll-Teleskop.		
Pearlman	24 S	106 E
Jakov I. (1882 – 1942), Sowjetischer Raketenwissenschaftler, popularisierte den Raketentransport und interplanetare Reisen; Autor vieler populärwissenschaftlicher Bücher; aktives Mitglied der Raketenforschungsgruppe Leningrad.		
Perepelkin	10 S	128 E
Jewgeny J. (1906 – 1940), UdSSR-Astrophysiker; Pulkowo-Observatorium; Solarphysik; betrachtete die Chromosphäre als aus kleinen Protuberanzen bestehend.		
Perkin	47 N	176 W
Richard S. (1906 – 1969), USA-Industrieller, Herstellung von wissenschaftlichen Geräten, besonders für den astronomischen Gebrauch, z. B. große Teleskope, Spektrographen und Stratoskope.		
Perrine	42 N	129 W
Charles D. (1867 – 1951), USA-Astronom; Direktor des Argentinischen Nationalobservatoriums; entdeckte Bewegung in dem Nebel um Nova Persei; 6. und 7. Mond des Jupiter, 13 Kometen.		
Petrie	45 N	108 E
Robert M. (1906 – 1966), Kanadischer Astronom; Direktor des Dom. Ap. Observatoriums; Messung von stellaren Radialgeschwindigkeiten; Analyse von Doppelsternen mit Spektralbeobachtungen; Entfernungen von Sternen hoher Temperatur vom Spektrum.		
Petropawlowsky	37 N	115 W
Boris S. (1898 – 1933), UdSSR-Raketeningenieur; Konstrukteur von Raketen und Raketenantrieben durch rauchloses, lang brennendes Pulver.; einer der Chefs des Laboratoriums für Gasdynamik.		
Petrow	61 S	88 E
Jewgeny S. (1900 – 1942), Sowjetischer Raketenwissenschaftler und Konstrukteur; Laboratorium für Gasdynamik, Raketenforschungsinstitut; trug bei zur Entwicklung der ersten flüssiggetriebenen Raketenantriebe der UdSSR und zum Entwurf von Feststoffraketen.		
Pettit	28 S	86 W
Edison (1890 – 1962), USA-Astronom, Mt.-Wilson-Observatorium; Forschungen über Formen und Bewegungen von Sonnenprotuberanzen; erfand polarisiertes Interferenzmonochrometer und ein Thermoelement zur Messung niedriger Temperaturen.		
Petzval	63 S	113 W
J. von (1807 – 1891), Österreichisch-Ungarischer Professor der Universität Pest, Universität Wien; Theorem über Aberrationen in optischen Systemen; wichtige Beiträge zur praktischen Optik, „Petzval Objektive“.		
Pirquet	20 S	140 S
Guido von, Baron (1880 – 1966), Österreichischer Pionier in der Berechnung von Raumfahrzeugflugbahnen in den frühen 20er Jahren einschließlich Umlauf- und Entweichflugbahnen; „Pirquet'sches Paradoxon“; befrwortete in den 30er Jahren bemannte Raumstationen.		
Pizzetti	35 S	119 E
P. (1860 – 1918), Italienischer Geodät; Professor in Genua, Pisa; Geodäsie, Fehlertheorie, Form der Erde.		

Plaskett	82 N	175 E
John S. (1865 – 1941), Kanadischer Astronom; Direktor des Dom.-Ap.-Observatoriums; Forschungen über Rotation und andere Bewegungen der Galaxis und ihrer Sterne.		
Plummer	25 S	155 W
Henry C. (1875 – 1946), Britischer Astronom; Roy. Astr. Irland, Dunsink-Observatorium, Professor der Mathematik, Mil. Coll., Woolwich; Astrographischer Katalog; Himmelsmechanik; Parallaxen von A- und B-Sternen; variable Sterne, Doppelsterne.		
Pogson	42 S	111 E
Norman R. (1829 – 1891), Englischer Astronom; Govt. Astron. Madras; sagte voraus, daß ein Entfernungsunterschied von 5 Größenordnungen einem Lichtverhältnis der Sterne von 1 : 100 entsprechen würde; entdeckte einige Planetoiden und Veränderliche Sterne.		
Poincaré	57 S	161 E
J. Henri (1854 – 1912), Französischer Mathematiker, Physiker; Professor der Universität Paris; Theorie astronomischer Bahnen, besonders 3-Körper-Probleme; Theorie der Funktionen; Topologie; wissenschaftliche Philosophie.		
Poinsot	79 N	147 W
Louis (1777 – 1850), Französischer Mathematiker; löste das Problem der permanenten Kreisbewegung eines Körpers um privilegierte Achsen; von ihm stammt die Idee der Trägheit von Ellipsoiden.		
Polzunov	26 N	115 E
Ivan I. (1728 – 1766), Russischer Wärmetechniker, erfand die Wärme-Kolbenmaschine, die die Arbeit mehrerer Zylinder auf eine Einzelwelle überträgt.		
Porter	56 S	10 W
Russel W. (1871 – 1940), USA-Teleskop-Konstrukteur; konstruierte den Mt.-Wilson-100-Zoll-Reflektor; vor allem bekannt wegen seiner Entwürfe von Teleskopen und Zusatzgeräten; hatte großen Anteil an der Entwicklung der Amateur-Astronomie und ihrer Organisation.		
Poynting	17 N	133 W
John H. (1852 – 1914), Englischer Physiker; Professor in Birmingham; Lichtdruck und seine Wirkung auf Kometenschweife; maß die Dichte der Erde; Gravitationskonstante; „Poynting Vektor“; Poynting-Robertson-Effekt.		
Prager	4 S	131 E
Richard A. (1884 – 1945), Deutsch-amerikanischer Astronom, Harvard-Observatorium; Forschungen über Veränderliche Sterne.		

Fortsetzung folgt.

Aus der Literatur

Das teuerste Auto der Welt

Die Entwicklungs- und Baukosten des amerikanischen Mondautos, das „Apollo XV“ auf dem Erdtrabanten absetzte, betragen 132 Millionen Mark. Dieses 3 Meter lange und 1,80 Meter breite Fahrzeug hat während seiner gesamten Lebensdauer insgesamt 25 Kilometer auf dem Mond zurückgelegt. Das bedeutet umgerechnet: jeder Kilometer Mondfahrt kostete 5,32 Millionen Mark.

Amateure beobachten und berichten

Anwendungsmöglichkeiten der Äquidensitenteknik für den Amateurastronomen

DIETMAR KITTA

Fachgruppe Zittau

Anläßlich der Tagung der Fachgruppen Astronomie im Deutschen Kulturbund des Bezirkes Dresden im Oktober 1969 erhielten wir durch einen Vortrag von Professor N. Richter, dem Leiter des „Karl-Schwarzschild-Observatorium“ in Tautenburg, zum ersten Mal einen genauen Einblick über die Verwendung der Äquidensitenteknik in der Astronomie. Die Grundlage dieses Verfahrens ist der Sabattiereffekt. Inzwischen ist diese Methode durch W. Högner noch verbessert worden. Durch die Einführung der integrierenden Äquidensiten konnten die Grenzen lichtschwacher, flächenhafter Objekte noch genauer bestimmt werden.

Technische Anforderungen

Äquidensiten stellen Linien gleicher Helligkeit dar. Mit Hilfe der Äquidensitometrie kann man somit die genaue fotometrische Struktur verschiedener flächenhafter Objekte studieren. Für den Liebhaber erhebt sich die Frage, welche Mittel und welche Materialien zum Anfertigen von Äquidensiten notwendig sind. Grundsätzlich können Äquidensiten von allen Liebhaberastronomen angefertigt werden die über eine einigermaßen gut eingerichtete Dunkelkammer verfügen. Darunter verstehen wir das Vorhandensein eines Vergrößerungsgerätes, sowie des entsprechenden Zubehörs, wie Fotoschalen, Thermometer, Dunkelkammerleuchte usw. Da die Fotografie schon bei fast allen Amateuren einen festen Platz gefunden hat, dürfte diese Grundvoraussetzung keine große Hürde sein.

Nun zu der Äquidensitometrie selbst. Hinter diesem doch für einen Durchschnittsamateur recht ungebrauchlichen Begriff verbirgt sich ein recht einfaches Arbeitsverfahren. Es ist durchaus möglich, mit jeder beliebigen Emulsion Äquidensiten herzustellen. Da es jedoch das Ziel ist, möglichst schmale, scharf begrenzte Äquidensiten zu gewinnen, benötigt man dazu ein extra- bzw. ultrahart arbeitendes Material mit einem hohen γ -Wert. Dieses Material mit der entsprechend steilen Gradation finden wir bei dem fototechnischen Film ORWO FU 5 bzw. bei ORWO FO 5. Dieses Material, als Planfilm zu 25 Blatt in der Größe 18×24 konfektioniert, ist zu einem geringen Preis erhältlich. ORWO FU 5 kann bei gelbgrünem Licht (ORWO Schutzfilter Nr. 113 D) und ORWO FO 5 kann bei rotem Licht (ORWO Schutzfilter Nr. 104) verarbeitet werden. Wir arbeiten vorwiegend mit ORWO FO 5 und sind zu sehr guten Ergebnissen gelangt. Das Herstellen von Äquidensiten ist durchaus nicht schwieriger, als das Herstellen einfacher Diapositive. Alle Äquidensiten sollte man im Kontaktverfahren anfertigen, auch wenn das zu äquidensitometrierende Objekt noch so klein ist. Der gesamte Informationsgehalt des Negativs muß auf das fototechnische Material übergehen. Damit ist schon gesagt, daß wir unbedingt von einem Originalnegativ ausgehen, nicht etwa von einem Duplikat. Der Vorteil (oder besser die Notwendigkeit) des Kontaktverfahrens liegt darin, daß damit eventuell auftretende Fehler, wie zum Beispiel Verzeichnungen durch das Objektiv des Vergrößerungsapparates vermieden werden. Insbesondere gegenüber Ausleuchtungsfehlern ist dieses Material äußerst empfindlich. Um einen einwandfreien Kontakt zwischen dem Originalnegativ und dem fototechnischen Film zu gewährleisten, ist es zweckmäßig, hierzu einen Kopierrahmen zu verwenden. Ein normaler handelsüblicher Kopierrahmen mit einer sauberen, kratzerfreien Glasplatte erfüllt voll seinen Zweck. Weiter benötigt man eine Lichtquelle, die eine bestimmte

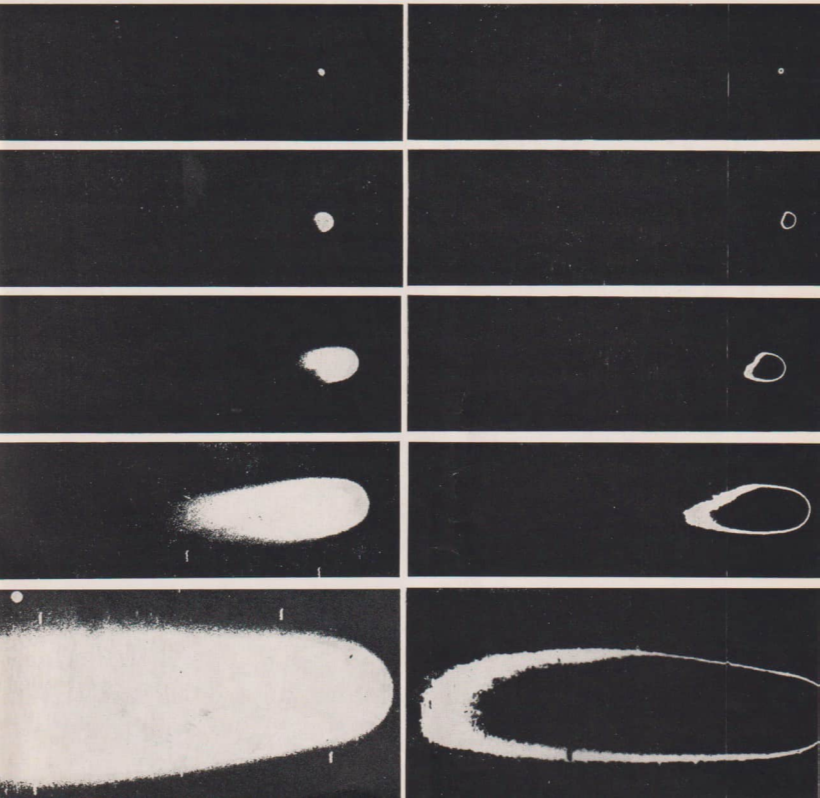


Abb. 1, oben: Komet „Bennet“ (1969i),
Sonnar 2,8/180, NP 27 Film, 9,5 min. be-
lichtet. Negativabbildung; links oben und
rechts unten deutlich die Paßmarken.

Obere Reihe von links nach rechts: Abb. 2a,
2b, 2c, 2d, 2e = Stufenkopien des Kometen
„Bennet“ (1969i).

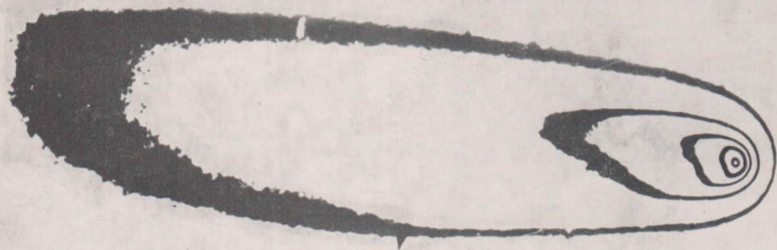
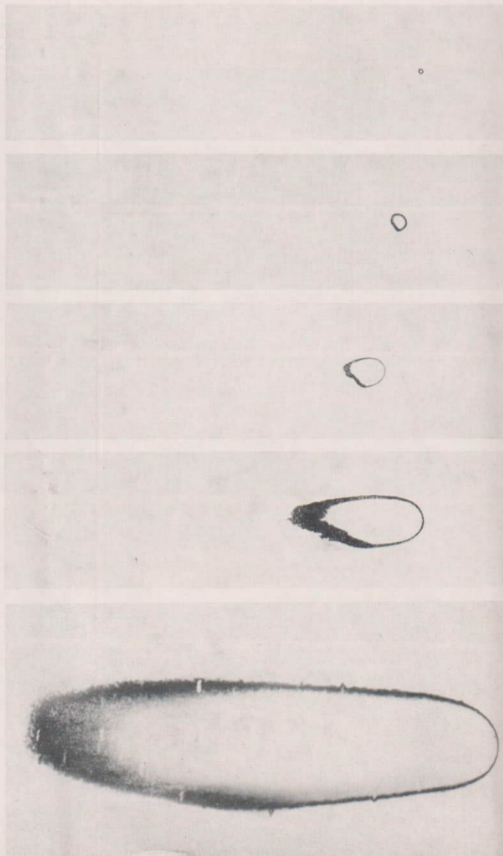
Untere Reihe von links nach rechts: Abb. 3a,
3b, 3c, 3d, 3e = Äquidensiten aus den
Stufenkopien von Abb. 2a—2e.

Zum Beitrag S. 176:
„Anwendungsmöglichkeiten der
Äquidensitentechnik für den Ama-
teurastronomen“

Zum Beitrag S. 176: „Anwendungsmöglichkeiten der Äquidensiten-technik für den Amateurastronomen“

Untere Reihe von links nach rechts: Abb. 4a, 4b, 4c, 4d, 4e = Die Stufenkopien von Abb. 2 nach dem Umkopieren.

Abb. 5, rechts: Kombiniertes Äquidensitenbild des Kometen „Bennet“ (1969 i).





Zum Beitrag S. 176: „Anwendungsmöglichkeiten der Äquidensitechnik für den Amateurastronomen“



Abb. 6, oben links: M 42; Newton-Spiegelteleskop 400/2000, NP 27 Film, 15 min. belichtet.

Abb. 7, oben Mitte: Äußere Äquidensite von M 42.

Abb. 8, oben rechts: Äquidensiten 1. und 2. Stufe in einem Bild vereinigt.

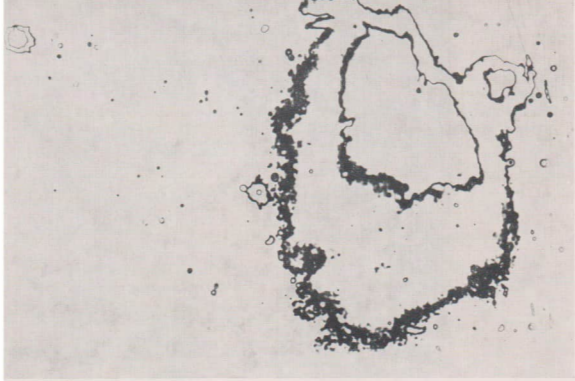


Abb. 9: M 13; Newton-Spiegelteleskop 400/2000, NP 27 Film, 15 min. belichtet.



Zum Beitrag S. 176:
„Anwendungsmöglichkeiten
der Äquidensitentechnik für
den Amateurastronomen“

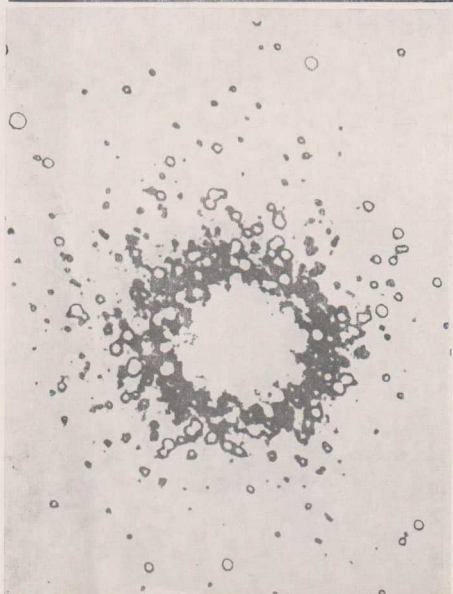


Abb. 10: Äußere Äquidensite, gewonnen aus Abb. 9.

Fläche gleichmäßig ausleuchtet. Am geeignetsten dazu erscheint uns ein Vergrößerungsgerät. Es wird auf Maximalvergrößerung gestellt und zwischen Lampe und Kondensor wird eine Opalglasscheibe gelegt. Unmittelbar auf den Kopierrahmen wird eine Mattglasscheibe gelegt. Als Entwickler für das FU 5-(FO 5)-Material eignet sich MH 28; 1 : 4 oder E 102; 1 : 6. Sehr gute Ergebnisse haben wir mit Reproentwickler A 71 erzielt. Zwischenwässerung, Fixage und Schlußwässerung geschehen in üblicher Weise. Für die Herstellung der eigentlichen Äquidensiten brauchen wir noch eine Schale mit Unterbrecher (Wasser + Eisessig genügen).

Die Arbeitsschritte des Verfahrens

Obwohl schon viel über die Methode der Äquidensitometrie geschrieben wurde, möchten wir noch einmal kurz darauf eingehen. Eines der wichtigsten Gebote für die weitere Arbeit muß peinliche Sauberkeit sein. Jedes Härchen bildet sich später riesengroß ab und kann die Arbeit vieler Stunden verderben.

Das Arbeitsverfahren wird in mehrere Arbeitsschritte untergliedert:

1. Die Herstellung der Stufenkopien
2. Die Herstellung der einzelnen Äquidensiten aus den Stufenkopien
3. Umkopieren der einzelnen Äquidensiten
4. Montieren zum kombinierten Äquidensitenbild
5. Umkopieren des kombinierten Äquidensitenbildes auf ein Filmstück
6. Vergrößern

Die einzelnen Schritte sollen jetzt näher erläutert werden:

Das *Herstellen der Stufenkopien* ist im Prinzip das gleiche, als ob man von dem Negativ ein Diapositiv anfertigt. Zuerst wird auf dem Negativ an einer Stelle, die für die Äquidensitometrie nicht herangezogen wird, eine oder werden besser zwei Paßmarken angebracht. Dazu eignen sich am besten kleine Stanniolblättchen, die mit einem Tröpfchen Leim auf der Glasseite der Platte bzw. auf der Filmrückwand angebracht werden. Es ist auch möglich, die Paßmarken in Form kleiner Tuschekleckse anzubringen (Abb. 1). Um diese Paßmarken entstehen später haarfeine Äquidensiten, welche die Montage zum fertigen kombinierten Äquidensitenbild ungemein erleichtern. Jetzt kann man mit den Stufenkopien beginnen. Das mit den Paßmarken versehene Originalnegativ wird in den Kopierrahmen gelegt und wie bei der Herstellung einer Kontaktkopie auf ein Stück FU 5 (FO 5) belichtet. Als Lichtquelle dient der Vergrößerungsapparat. Nach dem kräftigen Entwickeln (3–5 Min) wird wie üblich zwischengewässert und fixiert. Das Ergebnis soll ein gut durchgezeichnetes Diapositiv sein. Diesen Prozeß wiederholen wir jetzt mit ständig steigenden Belichtungszeiten solange, bis es nicht mehr sinnvoll ist. Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur sind natürlich konstant zu halten. Das Resultat ist eine Reihe sogenannter Stufenkopien (Abb. 2).

Nach dem Trocknen der Filmstücke schließt sich jetzt *der zweite Arbeitsgang* an. Anstelle des Originalnegativs tritt die Stufenkopie. Wir verfahren genauso wie vorher, stellen also ein Diapositiv von der Stufenkopie her. Auch hier wird kräftig entwickelt und zwischengewässert. Dann wird aber nicht, wie üblich, fixiert, sondern das Filmstück mit der Schicht nach oben in den Unterbrecher gelegt. Die Schale mit dem Unterbrecher wird jetzt unter den Vergrößerungsapparat gebracht und mit dessen Hilfe wird das Filmstück diffus nachbelichtet. Daraufhin wird das Filmstück noch einmal zwischengewässert und dann fixiert. Das Ergebnis ist infolge des Sabattiereffektes eine sogenannte Äquidensite. Wir erhalten von jeder einzelnen Stufenkopie eine solche Äquidensite. Alle Äquidensiten sollen so aussehen, daß sie deutlich geschwärzt sind, aber dabei so fein wie möglich erscheinen (Abb. 3). Entsprechend ist die Zeit der Vor- und Nachbelichtung zu steuern. Es ist nicht sinnvoll, irgendwelche Anhaltspunkte für die Belichtungszeiten zu geben, denn diese sind für jedes Negativ verschieden und von den Beleuchtungsstärken abhängig. Diese Zeiten muß man selbst durch entsprechendes Probieren finden.

Nach dem Trocknen sollen diese Einzeläquidensiten zu einem kombinierten Äquidensitenbild vereinigt werden. Da aber die einzelnen Äquidensiten weiß auf schwarzem Grund sind, macht sich ein *nochmaliges Umkopieren* erforderlich, so daß man nun schwarze Linien auf weißem

Grund vorfindet. Auch die vorher angebrachten Paßmarken erscheinen jetzt Schwarz auf Weiß (Abb. 4). Mit Hilfe einer starken Lupe kann man jetzt über einem kleinen Kopiertisch, der sich mit etwas Geschick aus einer Mattscheibe, einer 25 Watt Lampe und einem Holzkasten herstellen läßt, die *Einzeläquidensiten kombinieren*. Dabei richtet man sich nach den haarscharfen Äquidensiten der Paßmarken. So kann man Filmstück für Filmstück übereinanderlegen. Ein Verrutschen verhindert man mit einem kleinen Klecks Leim. Peinliche Sauberkeit ist wieder oberstes Gebot. Jedes einzelne Filmstückchen sollte man vorher mit einem Staubpinsel säubern. Das Ergebnis ist ein Filmstoß aus einzelnen FU 5 (FO 5)-Stückchen. Dieser Filmstoß wird nun noch einmal auf ein FU 5 (FO 5)-Stück umkopiert. Das ist aber *nicht mehr im Kontaktverfahren* möglich; da der Filmstoß eine gewisse Dicke hat, würde das unweigerlich zu Unschärfen führen. Deswegen macht man diesen Arbeitsgang am besten mit dem Vergrößerungsgerät, wobei das Objektiv etwa auf 1 : 11 bis 1 : 22 abgebildet wird. So erreicht man die notwendige Tiefenschärfe. Als Vergrößerungsmaßstab empfehlen wir 1 : 1 bis 1 : 2. Das Ergebnis ist ein kombiniertes Äquidensitenbild auf fototechnischem Film. Damit hätten wir erst einmal das Ziel unserer Arbeit erreicht. Die einzelnen Bilder können jetzt noch beliebig auf extra-hartes Fotopapier vergrößert werden (Abb. 5).

Bereiche amateurmäßiger Anwendung

Natürlich könnten nun Einwände kommen, wie zum Beispiel: Nicht jeder Amateur hat einen 40-cm-Spiegel zur Verfügung und ein so schöner Komet wie der „Bennett“ ist auch recht selten. Doch diese Einwände sind von der Hand zu weisen, weil das Verfahren der Äquidensitometrie universell einsetzbar ist. Es ist nicht von der Größe des verfügbaren Instrumentes abhängig. Sicherlich hat man mit größeren Instrumenten ein entsprechend größeres Betätigungsfeld. Abb. 6 zeigt eine Aufnahme des großen Orionnebels mit einem Newtonspiegelteleskop 400/2000. Diese 15 min lang belichtete Aufnahme wurde vom Verfasser äquidensitometriert (Abb. 7 und 8).

Abb. 9 zeigt den Kugelsternhaufen M 13 im Hercules, der hier in 18facher Vergrößerung dargestellt ist, auch diese Aufnahme wurde 15 min lang belichtet. Das Instrument war das Gleiche wie oben. Abb. 10 zeigt die Äquidensite des Kugelsternhaufens. Bei beiden Aufnahmen wurde als Material der handelsübliche NP 27-Film, bzw. bei der Herstellung der Äquidensiten das ORWO FO 5-Material verwendet. Das soll zeigen, was gut ausgerüstete Amateure aus ihren Aufnahmen herausholen können. Aber auch Amateure, die nicht einmal über eine Nachführung verfügen, können sich mit der Äquidensitometrie beschäftigen. Wir denken dabei an Aufnahmen des Zodiakallichtes oder gar des Gegenscheins. Eine Untersuchung der fotometrischen Struktur dieser Objekte wäre sicher interessant und lohnend. Oder: schon die Astrokamera 56/250 bringt vom Abbildungsmaßstab her gesehen den M 42 und den M 31 so groß auf die Platte, daß diese Objekte äquidensitometriewürdig werden. Interessant wäre auch, die fotometrische Struktur einzelner Milchstraßenwolken zu studieren. Schon ein Tessar oder ein Domiplan mit 50 mm Brennweite leisten an diesen Gebilden Beachtliches.

Wenn man sich einigermaßen mit der Methode vertraut gemacht hat, kann man sich an die Herstellung der integrierenden Äquidensiten wagen und somit auf eigenen Aufnahmen feststellen, wie weitreichend doch das Nebelleuchten des Orionnebels ist. Diese wenigen Beispiele sollen für viele stehen und den Amateur ermuntern, aus seinen eigenen Aufnahmen „etwas zu machen“. Für entsprechende Hinweise und Erfahrungen wäre der Verfasser sehr dankbar.

Literatur:

- [1] Richter, N. u. Höfner, W.: Die Anwendung der Äquidensitenmethode zur morphologischen u. photometrischen Beschreibung von Kometen. In: Die Sterne, 40 (1964), 11–16.
- [2] Höfner, W. u. Richter, N.: Isophotometrie... mit Hilfe photographischer Äquidensiten! In: Die Sterne, 43 (1967), 113–117.
- [3] Höfner, W. u. Richter, N.: Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen der photographischen Äquidensitometrie in der Astronomie. In: Die Sterne, 47 (1971), 49–59.
- [4] Höfner, W.: Über die Herstellungstechnik photographischer Äquidensiten. In: Jenaer Rundschau, 14 (1969), 340–345.

Perspektiven der geodätisch-astronomischen Arbeiten mit Fundamentalinstrumenten

Prof. Dr. HEINZ KAUTZLEBEN

Als Hauptaufgabe der geodätischen Astronomie bezeichnet man im allgemeinen die Bestimmung der geographischen Breite und Länge von Punkten der Erdoberfläche sowie des Azimuts von terrestrischen Richtungen durch astronomische Messungen, soweit diese Größen für geodätische Zwecke gebraucht werden. Da die geographische Länge eines Punktes der Differenz zwischen der Ortssternzeit und der Greenwich Sternzeit entspricht, muß man auch die Bestimmung der Zeit als Bestandteil dieser Hauptaufgabe betrachten. Die Verwertung der Ergebnisse der geodätischen Astronomie im Rahmen der Erdmessung und der physikalischen Geodäsie wird gewöhnlich als astronomische Geodäsie betrachtet (1).

Die geodätische Astronomie hat sich früher vorwiegend mit den einfachen astronomischen Ortsbestimmungen zur Orientierung der topographischen Aufnahmenetze beschäftigt. Heute stehen dagegen die genauen Verfahren der astronomischen Ortsbestimmung im Vordergrund. Genaue astronomische Orts- und Richtungsbestimmungen haben sich auch als wesentlicher Bestandteil der Satellitengeodäsie erwiesen, die für die Geodäsie im letzten Jahrzehnt revolutionisierende Möglichkeiten eröffnet hat. Schließlich muß man darauf hinweisen, daß das Interesse der Astronomen sich zunehmend auf die fernen Räume und die physikalischen Probleme des Kosmos richtet, so daß die Geodäsie selbst immer mehr Einfluß auf die Verbesserung der von ihr benötigten astronomischen Grundlagen nehmen muß.

In der vorliegenden Arbeit stehen im Vordergrund die geodätisch-astronomischen Arbeiten an den Observatorien und ähnlichen (zumeist mit beträchtlichem Aufwand eingerichteten) Beobachtungsstationen. Es werden dabei sowohl die klassischen geodätisch-astronomischen Arbeiten als auch die astronomischen Arbeiten im Rahmen der Satellitengeodäsie betrachtet, zwischen denen enge Beziehungen bestehen. In beobachtungstechnischer Hinsicht unterscheiden sie sich vor allem dadurch, daß bei den klassischen Arbeiten das Beobachtungsinstrument auf die Richtung des wahren Lotes im Beobachtungsort orientiert wird, während bei den satellitengeodätischen Beobachtungen eine Orientierung des Instrumentes nicht in gleicher Weise erforderlich ist.

Aufgaben und Perspektiven der klassischen geodätischen Astronomie

Diese Arbeiten haben bereits ein außergewöhnlich hohes Niveau erreicht. Es haben sich Standardgeräte und Standardverfahren herausgebildet, deren Eigenschaften sehr gut bekannt sind. Das gilt sowohl für die Feldarbeiten als auch für die Fundamentalarbeiten. Eine eingehende Darstellung des gegenwärtigen Standes hat K. Ramsayer [1] gegeben. Eine Weiterentwicklung in instrumenteller und verfahrenstechnischer Hinsicht ist außerordentlich mühevoll und voraussichtlich nur in geringem Maße zu erwarten. Diese Weiterentwicklung wird vor allem durch die ständig steigenden Ansprüche an die Genauigkeit der geodätisch-astronomischen Beobachtungen bedingt.

Gegenwärtig ist bereits ein Niveau erreicht worden (die Fehler der genauesten Breitenbeobachtungen liegen bei 0,05 Bogensekunden, die der genauesten Längen- beziehungsweise Zeitbeobachtungen bei 0,004 Zeitsekunden), bei denen die astronomischen Grundlagen verbessert werden müssen. Hierfür sind langfristige Beobachtungsreihen höchster Präzision erforderlich. Allerdings sind dadurch die Aufgaben der klassischen geodätischen Astronomie keineswegs eingeschränkt worden. Besonderes Interesse besitzen gegenwärtig die Probleme der Rotations-

schwankungen und der Polbewegung der Erde. Für die Reduktion geodätisch-astronomischer Beobachtungen sowie für bestimmte Aufgaben der Satellitengeodäsie, der Raumfahrt und der Navigation müssen die Lage der Rotationsachse im Erdkörper sowie die Phase der Erdrotation jederzeit bekannt sein. Nachdem die gesetzliche Definition der Zeiteinheit nicht mehr auf astronomischen Vorgängen beruht, sind die Probleme des Bezugs der auf der Bewegung der Erde beruhenden Zeitmaße auf die durch festkörperphysikalische beziehungsweise kernphysikalische Vorgänge definierte Zeiteinheit zu lösen. Die steigenden Ansprüche an die Genauigkeit der astronomischen Grundlagen erfordern die Verbesserung der Katalog-Daten für die Sternörter und die Eigenbewegungen der Sterne ebenso wie die Verbesserung der astronomischen Konstanten wie Nutation, Präzession und Aberration. Es muß weiterhin angestrebt werden, durch Anschluß der Fundamentalsterne an extragalaktische Objekte das gegenwärtige Fundamentalsystem noch besser dem Inertialsystem anzunähern.

Alle genannten Aufgaben werden mit Hilfe der bereits bekannten Instrumente bearbeitet. Als Fundamentalinstrumente, mit denen bei den Bestimmungen von Breite und Zeit die höchsten Ansprüche erfüllt werden können, haben sich herausgebildet: das visuelle Zenitteleskop, das Passageinstrument, das Astrolabium und das photographische Zenitteleskop. Diese Instrumente werden praktisch ausschließlich auf ortsfesten Stationen zur Überwachung der Rotationsschwankungen und zur Ermittlung der Polbewegungen eingesetzt. Die sehr gut organisierte und funktionierende internationale Zusammenarbeit auf diesem Gebiet bietet ausgezeichnete Möglichkeiten für den Vergleich aller eingesetzten Instrumente hinsichtlich ihres Leistungsvermögens. Die besten Ergebnisse werden gegenwärtig anscheinend mit Hilfe des photographischen Zenitteleskops erzielt. Der VEB Carl Zeiss JENA hat sich auch auf diesem Gebiet durch die Entwicklung und Fertigung hochleistungsfähiger Instrumente verdient gemacht.

Zur weiteren Steigerung der Genauigkeit der Beobachtungen mit Hilfe dieser Instrumente hat es sich als notwendig erwiesen, systematische Fehleruntersuchungen anzustreben, bei denen sowohl die Instrumentenfehler, die Einflüsse der Beobachter wie auch die äußeren Beobachtungsbedingungen (Aufstellungsort, atmosphärische Einflüsse u. ä.) erforscht werden. Bei Untersuchungen von Zeitbestimmungen des Geodätischen Instituts in Potsdam (seit 1969 im Zentralinstitut Physik der Erde aufgegangen) hat sich z. B. ergeben [2], daß die Beobachtungsfehler in der Reihenfolge der Größe nach durch instrumentelle, persönliche und atmosphärische Einflüsse hervorgerufen werden. Mit Hilfe der bereits vorhandenen langfristigen Beobachtungsreihen für die Zeit- und Breitenschwankungen lassen sich schon eine Reihe der obengenannten Aufgaben der geodätischen Astronomie lösen. So hat z. B. die Auswertung der Potsdamer Beobachtungsreihen durch Höpfner zu einer Verbesserung der Sternkoordinaten für die in Potsdam benutzten Fundamentalsterne geführt [3]. Die langjährigen Erfahrungen des Zeitdienstes in Potsdam waren die Grundlage dafür, daß ab 1970 in den Zeitsignalsendungen routinemäßig die momentane Differenz zwischen dem physikalisch definierten Zeitmaß und dem auf die Erdrotation bezogenen Zeitmaß auf 20 ms genau bekanntgegeben werden kann.

Durch die geodätische Astronomie werden Daten gewonnen, die nicht nur für die Geodäsie selbst bedeutungsvoll sind, sondern auch geophysikalisch wertvolle Aussagekraft besitzen wie die Beobachtungen der Polbewegung, der Gezeitendeformationen, der Rotationsschwankungen und der Präzession des Erdkörpers. Darüber hinaus sollten zukünftig äußerst präzise geodätisch-astronomische Ortsbestimmungen brauchbare Daten für den direkten Nachweis von Kontinentalverschiebungen und anderen tektonischen Bewegungen von Großschollen der Erdkruste bringen, wenn sie in entsprechend großen Zeitabständen wiederholt werden können.

Astronomische Arbeiten der Satellitengeodäsie

Die geodätische Nutzung der künstlichen Erdsatelliten hat für die Lösung von Problemen globalen und kontinentalen Maßstabes Möglichkeiten eröffnet, den den klassischen terrestri-

schen, geodätischen und gravimetrischen Verfahren verschlossen geblieben sind. Dieser neue Zweig der Geodäsie bietet die Möglichkeit, einerseits großmaschige Dreiecksnetze aufzubauen, die die gesamte Erde einheitlich mit Seitenlängen von einigen tausend Kilometern umspannen, und als übergeordnete Netze für den Anschluß der traditionellen astronomisch-geodätischen Festpunktnetze dienen können, und andererseits die Großformen des irdischen Schwerefeldes zu erfassen und im Zusammenhang damit ein globales System von Stationen mit absoluten, vom Massenmittelpunkt der Erde aus abgetragenen Koordinaten aufzubauen. Am Aufbau dieser Netze wird gegenwärtig intensiv gearbeitet, wobei bereits Genauigkeiten von wenigen Metern erreicht werden. Die Satellitengeodäsie ist darüber hinaus gegenwärtig schon in der Lage, dynamische Probleme des Erdkörpers effektiv zu lösen. Mit dem Verfahren der Satellitengeodäsie wurden bereits kurzperiodische Schwankungen in der Erdrotation und in der Lage der instantanen Rotationsachse im Erdkörper, die Gezeitenformationen und auch jahreszeitliche Variationen der Erdatplattung beobachtet. Es sollte der Satellitengeodäsie in nächster Zeit schon möglich sein, tektonische Bewegungen von Großschollen der Erdkruste direkt zu beobachten. Schließlich soll noch auf die Verwendung von Erdsatelliten bei der Navigation verwiesen werden, wo sich große Möglichkeiten vor allem bei größeren Entfernungen von der Küste abzeichnen.

Eine Übersicht über die Methoden der Satellitengeodäsie bietet K. Arnold [4]. Die Entwicklungstendenzen dieses Fachgebietes bespricht L. Stange in [5], der ebenso wie im vergangenen Jahrzehnt in der nächsten Zeit eine stürmische Entwicklung der Satellitengeodäsie erwartet. Im vorliegenden Zusammenhang soll nur auf die astronomischen Arbeiten innerhalb der Satellitengeodäsie etwas näher eingegangen werden.

Man unterscheidet bei der Satellitengeodäsie von der Zielsetzung her gewöhnlich die geometrische und die dynamische Methode. Vom Beobachtungsverfahren her unterscheidet man dagegen die photographischen Beobachtungen, bei denen der topozentrische Richtungsvektor von der Beobachtungsstation zur momentanen Satellitenposition astronomisch bestimmt wird, von den Entfernungsbeobachtungen und den Beobachtungen von Entfernungsänderungen, bei denen vorwiegend Verfahren der Funkmeßtechnik (Radar- und Doppler-Effekt-Messungen) verwendet werden. Die photographischen Satellitenbeobachtungen sind unmittelbar aus den klassischen Verfahren der geodätischen Astronomie und der photographischen Astronomie heraus entwickelt worden.

Die Hauptschwierigkeit der photographischen Satellitenbeobachtungen gegenüber den klassischen Verfahren besteht darin, die schnelle Bewegung der Satelliten relativ zum Beobachter bis zu $1^\circ/\text{s}$ in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Im letzten Jahrzehnt wurden die erforderlichen Kamertypen außerordentlich rasch bis zu einer gewissen Reife entwickelt. Mit den heutigen Kameras können die topozentrischen Richtungsvektoren mit einer Genauigkeit bis zu $\pm 0'5$ bei einer Zeitzuordnung, die bis zu etwa 1 ms genau ist, bestimmt werden. Es haben sich zwei verschiedene Betriebsarten für die Satellitenkameras herausgebildet. Die Kameras der astrometrischen Betriebsart sind während der Beobachtung fest und unbeweglich oder können lediglich der täglichen Bewegung der Fixsterne nachgeführt werden. Sie dienen zur Beobachtung von aktiven Blitzlicht-Satelliten oder passiven Satelliten, die sehr lichtstark sind. Es konnten damit Satelliten von einer Helligkeit bis etwa zur 7. Größenklasse bei einer Winkelgeschwindigkeit bis zu $1^\circ/\text{s}$ aufgenommen werden. Bei den Kameras der zweiten Betriebsart, den sogenannten Tracking-Kameras, wird die Kamera mit Hilfe komplizierter Einrichtungen der Bewegung der Satelliten nachgeführt. Sie gestatten daher auch die Beobachtung passiver Satelliten, die lichtschwach sind; es konnten auf diese Weise noch Objekte bis zur 12. Größenklasse abgebildet werden.

Im Potsdamer Institut liegen Erfahrungen mit beiden Betriebsarten vor. Für die erste Betriebsart wurde eine einfache Kamera PSK von K.-H. Marek aus Fertigteilen der Serienproduktion astronomischer Geräte des VEB Carl Zeiss JENA aufgebaut. In beiden Betriebsarten läßt sich die Präzisionskamera, Automatische Kamera für Astroteodäsie des VEB Carl Zeiss JENA betreiben, die in Potsdam als Hauptinstrument eingesetzt wird. Die Auswertung der Platten erfolgt mit Hilfe des Ascorecord des VEB Carl Zeiss JENA.

Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der photographischen Satellitenbeobachtung sind voraussichtlich in nächster Zeit keine grundlegenden Neuentwicklungen von Kameras zu erwarten. Wohl aber werden große Anstrengungen unternommen, die Betriebssicherheit insbesondere der Tracking-Kameras wesentlich zu verbessern. Für diese Zwecke sind von großer Bedeutung die systematischen Untersuchungen, wie sie etwa an der Automatischen Kamera für Astrogeodäsie in Potsdam gegenwärtig von K.-H. Marek angestellt werden. Ebenso wichtig sind die technologischen Untersuchungen zur besseren Kopplung der Kameras mit den erforderlichen Zusatzgeräten für die Steuerung und die Auswertung.

Abschließend sei erwähnt, daß die wesentlichen instrumentellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Satellitengeodäsie voraussichtlich auf dem Gebiet der Entfernungsmessung zum Satelliten mit Hilfe der Laser-Technik liegen werden. Diese Technik verspricht eine Genauigkeitssteigerung, die mit Hilfe photographischer Beobachtungen nicht erreicht werden kann. Dabei sind Instrumente zu erwarten, bei denen der am Satelliten reflektierte Laser-Blitz gleichzeitig auf dem Sternhintergrund photographiert wird, so daß gleichzeitig Entfernung und topozentrischer Richtungsvektor bestimmt werden können.

Literatur:

- [1] K. Ramsayer: Geodätische Astronomie, Bd. IIa des Handbuches der Vermessungskunde herausgeg. von M. Neissl, Stuttgart 1970.
 - [2] E. Buschmann: Zufällige und systematische Fehler in geodätisch-astronomischen Zeitbestimmungen, Veröff. des Geodätischen Instituts Potsdam Nr. 25 (1969).
 - [3] J. Höpfner: Sternkoordinatenkorrekturen aus dem Potsdamer Beobachtungsmaterial am Astrolab Danjon, Veröff. des Geodätischen Instituts Potsdam, Nr. 12 (1966).
 - [4] K. Arnold: Methoden der Satellitengeodäsie, Berlin 1970.
 - [5] L. Stange: Entwicklungstendenzen der Satellitengeodäsie, Vermessungstechnik (im Druck).
 - [6] K. Arnold: Zur geodätischen Vermessung auf der Erde mit Satelliten, Jenaer Rundschau, Heft 3/71.
- Entnommen (und leicht gekürzt) der „Jenaer Rundschau“, Heft 3/71, mit freundlicher Genehmigung der Redaktion.

Ist eine Supernova-Explosion zu erwarten?

Mit dem Aufleuchten einer neuen Supernova in absehbarer Zeit rechnen australische Wissenschaftler. Nach ihren Untersuchungsergebnissen müßte in unserer Milchstraße im Durchschnitt etwa alle 50 Jahre mit einer Supernova zu rechnen sein. Die letzte sichtbare Sternexplosion wurde bereits 1604 von Johannes Kepler beobachtet. Der jüngste entdeckte Radionebel ist schon 250 Jahre alt.

Unter Radionebel verstehen die Astronomen die im Radiowellenbereich strahlenden Überbleibsel einer Supernova. Im Zentrum eines derartigen Nebels wird stets ein Pulsar vermutet. Die Reststrahlung im Radiowellengebiet kann im Gegensatz zur kurzfristigen optischen Beobachtung noch Jahrtausende nach einem derartigen Ereignis registriert werden.

Die australischen Forscher haben die Zahl dieser Radioquellen analysiert und sind nach statistischen Berechnungen zu dem mittleren Erwartungswert von 50 Jahren pro Supernova gelangt. Demnach wäre es höchste Zeit für die Entstehung einer neuen Supernova. Explodierende Sterne sind mit großer Wahrscheinlichkeit wichtige Quellen für natürliche, hochenergetische Teilchen.

Aus „Physik in unserer Zeit“ (1/71) nach ND, 11. 9. 71

Neues vom Gum-Nebel

Der Gum-Nebel, der mit einer Ausdehnung von rund 60 Grad einer der größten bekannten Gasnebel ist, wurde 1952 von dem australischen Astronomen Dr. Colin Gum entdeckt. Die Annahme, daß seine deutlich wahrnehmbare Helligkeit durch heiße Sterne in seinem Innern verursacht wird, die sein Gas zum Leuchten anregen, wird jetzt von amerikanischen Astronomen widerlegt. Ihre Untersuchungen haben vielmehr ergeben, daß der Gum-Nebel der verbliebene Rest einer leuchtenden Gaswolke ist, die sich vor etwa 11000 Jahren bei einer Supernova-Explosion in etwa 1500 Lichtjahren Entfernung bildete. Daß sich Ausläufer von Gasen des Gum-Nebels bis in unser Sonnensystem erstrecken, ist nicht der Fall, wie sowohl astronomische Beobachtungen als auch Untersuchungen durch Satelliten und Raumflugkörper ergeben haben.

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

Weltraumforschung und Weltgesundheit

Spezialaufgaben und Aktivitäten der WHO* heute und morgen

DR. HARRY FELLHAUER

Die Entwicklung der Weltraumtechnologie auf dem Gebiete der biomedizinischen Wissenschaften, die konstanten Verbesserungen in der Fernmeßtechnik und die immer größeren Möglichkeiten für die Speicherung und Verarbeitung von Informationen eröffnen fraglos weitere Aussichten zur Nutzung des Weltraums für medizinische Zwecke.

Die WHO hat sich dementsprechend bemüht, mit den Entwicklungen auf dem Gebiete der Weltraumforschung Schritt zu halten, deren Anwendung auf den vielfältigsten Gebieten zu finden ist: von der Überwachung und Kontrolle der Umweltparameter oder bestimmter Charakteristika der Erdoberfläche über die Telemetrie oder die Langstreckenübermittlung von individuellen biologischen Parametern und den biologischen Parametern von Gruppen bis hin zur Entwicklung spezieller Techniken oder solcher spezieller Verfahren wie sie z. B. die nichttraumatischen Methoden der biologischen Analyse oder der Frühdiagnose physiologischer Störungen zeigen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die potentiellen Ergebnisse der Weltraumforschung für viele spezialisierte Gremien und Einrichtungen der WHO von direktem und indirektem Interesse sind, und daß sie auf bestimmte Gebiete der allgemeinen WHO-Programme – insbesondere jene Programme, deren Gegenstand das Verhältnis des Menschen zu seiner Umwelt ist – Auswirkungen haben werden.

Um mit den neuesten Fortschritten der WR-Forschung Schritt zu halten, hat die WHO enge Beziehungen zu den verschiedenartigsten Organisationen, die sich mit Weltraumfragen befassen, hergestellt. So hat die WHO beispielsweise mit der IAF (IAF = International Astronautical Federation) und der IAA (IAA = International Academy of Astronautics) kooperiert, deren III. Internationales Symposium am WHO-Hauptquartier und unter der WHO-Schirmherrschaft in Genf 1968 durchgeführt wurde. Die WHO beteiligte sich auch an der Organisation des IV. Internationalen Symposiums, welches in Jerewan stattfand.

*) Weltgesundheitsorganisation, Spezialorganisation der UNO.

Die WHO entsandte eine 4-Mitglieder-Delegation zur NASA, um eine Bestandsaufnahme über die gegenwärtigen Möglichkeiten und die künftigen Aussichten, die sich aus der WR-Technologie ergeben, anzufertigen.

Die Methoden und Mittel, die in der WR-Technologie Anwendung finden, sind noch zu neu und in einigen Fällen noch nicht genügend entwickelt, um in die Programme und Aktivitäten der WHO überführt werden zu können. Sie sind auch so verschiedenartig, daß eine Auswahl unter dem Gesichtspunkt bestimmender Prioritäten, der Kosten dieser neuen Technologie und ihrer Verträglichkeit mit den gegenwärtigen Mitteln und dem Wissen auf dem Gebiete der Gesundheit getroffen werden muß. Gegenwärtig ist deshalb das Problem der friedlichen Nutzung des Weltraums für die WHO ein solches Problem, das wesentlich künftige Aktivitäten und Programme betreffen wird.

Unter Berücksichtigung des jüngsten Austausches von Meinungen und Informationsdelegationen ist es möglich, eine Liste der Hauptinteressengebiete der WHO in bezug auf die verschiedenen gegenwärtigen und künftigen Aktivitäten der Organisation aufzustellen.

1. Übertragbare Krankheiten

1.1. Epidemiologie und Ökologie

Das Vorhandensein von Bazillenträgern der Infektionskrankheiten kann manchmal Veränderungen in der lokalen Flora verursachen, deren frühzeitige Entdeckung durch Prüfung aus der Luft oder aus dem Weltraum möglich sein könnte.

Unter Anwendung von Mikrowellen oder der Infrarotfotografie könnten prompte Gegenaktionen erleichtert werden.

1.2. Studien über die Verunreinigung des Weltraums durch pathogenische Bakterien:

- (i) Sterilisation der Oberfläche (Kabine, Kleider, Ausrüstung), selbststerilisierende Schichten.
- (ii) Überleben von pathogenischen Mikroorganismen im Weltraum und Einfluß seiner Bedingungen (Temperatur, Strahlung, Null-Gravitation usw.) auf ihre biologischen Eigenschaften.
- (iii) Verunreinigung des Weltraums durch Abfälle.
- (iiii) Erforschung der Existenz und der Formen von Leben im Weltraum.

1.3. Studien bezüglich der Gesundheit des fliegenden Personals:

- (i) Verbreitung von Infektionen in der Kabine oder Verbreitung von pathogenischen oder potentiell pathogenischen Mikroorganismen.
- (ii) Äußerung der Infektion während des Fluges (Stress, Mangel an persönlicher Hygiene).
- (iii) Abfallbeseitigung.

1.4. Entwicklung der Technik:

- (i) für die Sammlung von Proben (Mustern) zur bakteriologischen Untersuchung.
- (ii) Herstellung von Impfstoffen unter Bedingungen der Schwerelosigkeit (dreidimensionale Kultur).

2. Gesundheit innerhalb der Umwelt (Environmental health)

Anwendung der Fernmeßtechnik für die Kontrolle der Qualität des Zustandes der Umwelt.

- 2.1. Kontrolle der erdatmosphärischen Veränderungen (wie Anwachsen der Kohlendioxydkonzentration, Wärmeveränderungen).
- 2.2. Wertbestimmung und Entwicklung von Arrangements zur Kontrolle der Luftverschmutzung von weltweitem Einfluß.
- 2.3. Einschätzung der Umweltverschmutzung, die durch den Lufttransport sowie den Start von Weltraumfahrzeugen und Satelliten verursacht wird.
- 2.4. Entwicklung leichtgewichtiger persönlicher Kontrollausrüstung für gewöhnliche Luftverschmutzer.
- 2.5. Meso-meteorologische Studien bezüglich der Voraussagen von Luftverschmutzungen.
- 2.6. Entwicklung der Simulationstechnik und mathematischer Modellverfahren zur Kontrolle der Luftverschmutzung.
- 2.7. Automatische Überwachung und Fernmeß-Ausrüstung zur Einschätzung der Wasserqualität; Anwendung der Luft-Infrarotfotografie und von Mikrowellen zur Überwachung der Wasserqualität.
- 2.8. Die Entwicklung von Umweltstrahlungsmessungs- und Kontrollsystemen.

3. Epidemiologie und Kommunikationswissenschaft (Communication science)

- 3.1. Entwicklung von mathematischen Modellen für das Studium des Verhaltens von Mensch-Maschine-Systemen unter stimulierten Stressbedingungen.

- 3.2. Anwendung der Fortschritte in der Bio-Technik (bio-engineering).
- 3.3. Einschätzung der ökologischen Charakteristika.
- 3.4. Anwendung der Fernmeßtechnik für
 - (i) das Studium des Wachstums der Städte (Infrarotfotografie und Mikrowellen).
- 3.5. Potentielle Nutzung von Kommunikationssatelliten zur Übermittlung von Daten über Feldstudien an ein Computerzentrum.

4. Arbeitsmedizin (Occupational health)

- 4.1. Nutzung der WR-Technologie unter industriellen Bedingungen:
 - (i) Einschätzung der Grenzen der Widerstandsfähigkeit des Menschen gegen chemische Mittel wie toxische Gase, Dampf und Rauch und gegenüber den physikalischen Faktoren der Umwelt wie Lärm, Vibration, Beschleunigung, Hitze, Kälte, Wechsel des Drucks und der Zusammensetzung der Luft.
 - (ii) die kombinierte Wirkung unterschiedlicher Faktoren.
 - (iii) die Entwicklung von Präventivmaßnahmen und Schutzausrüstungen.
 - (iii) Feststellung der Grenzen des physischen, sensorischen und geistigen Leistungsvermögens des Menschen und seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber Stress.
- 4.2. Ergonomics und Biomechanik:
 - (i) Studium an Mensch-Maschine-Systemen und Anwendung der Biomechanik mit dem Ziel der Verbesserung der Nutzleistung und Sicherheit.
 - (ii) Biologischer Rhythmus in bezug auf Arbeit und Gesundheit.
 - (iii) Anwendung der Biomechanik bei Extrabelastung (to handicapped).
- 4.3. Umweltphysiologie:

Telemetrie der Umweltparameter. Rückwirkung extremer klimatischer Bedingungen auf die Arbeit und Gesundheit.

5. Herz- und Gefäßkrankheiten

- 5.1. Grundprobleme der cardiovascularen Physiologie wie sie in einer Umwelt entstehen, der der Mensch vorher noch niemals ausgesetzt gewesen ist, mit dem Ziel der Aufklärung der Mechanik der Regulierung der cardiovascularen Funktionen (Null-Gravitation).
- 5.2. Physiologische und klinische Anwendung der hochentwickelten Technik, wie sie bei WR-Fahrten für die Überwachung, Registrierung, Wertbestimmung und Übermittlung cardiovascularer und respiratorischer Parameter angewandt wird.

6. Strahlungsmedizin (Radiation health)

- 6.1. Einschätzung der Wirkung der Strahlung, der der Mensch in höheren Schichten der Ionosphäre, insbesondere in dem Festpartikelbereich, („fast particle range“) ausgesetzt ist.
- 6.2. Verbesserung der diagnostischen und therapeutischen Methoden für Schäden, die durch Ionisationsstrahlung eingetreten sind.
- 6.3. Methoden der medizinischen Überwachung in bezug auf die biologische Wirkung der Ionisationsstrahlung, insbesondere die Anwendung spezieller Technik, z. B. abweichende Chromosomenzahl.
- 6.4. Biologische Wirkungen der Ionisationsstrahlung auf den Menschen unter besonderen Stressbedingungen und kombinierten Effekten.
- 6.5. Innere Veränderung (Contamination) des Menschen infolge Einwirkens kosmischer Strahlen.
- 6.6. Problem der Schutzvorrichtungen, wie sie in der WR-Forschung benutzt werden. Die Veranlassung von Schutzmaßnahmen gegen die Ionisationsstrahlung.
- 6.7. Die Nutzung der Mikrominiaturisierung der Elektronik-Technologie zur Erhöhung der Kontrolle und die sichere Anwendung der Ionisationsstrahlung und der Radioisotopen in Medizin, Wissenschaft und Industrie.

7. Ernährung

- 7.1. Entwicklung von rückstandsarmen Nahrungsmitteln.
- 7.2. Studium der Wirkungen von Nahrungsmitteln unkonventionellen Ursprungs auf die Gesundheit, insbesondere ihre Wirkung auf die Mikrobiota der Eingeweide (intestinal microbiota).
- 7.3. Studium der Wirkung der Schwerelosigkeit auf den Kalzium-Stoffwechsel.
- 7.4. Entwicklung von Methoden zur Nahrungsmittel-Konservierung.

8. Geistige Gesundheit

- 8.1. Einschätzung der Wirkung der Schwerelosigkeit, der sensorischen Privation, der Beschränkung, der Störung des normalen biologischen Rhythmus und anderer physischer und geistiger Belastungen der Gehirnfunktionen und des menschlichen Verhaltens.

- 8.2. Entwicklung der Telemetrietechnik für die elektrophysiologische Überwachung.
- 8.3. Studium der Wirkung psychopharmakologischer Komposita.
- 8.4. Einschätzung der verschiedenen psychologischen Tests.
- 8.5. Psychologische Aspekte des Trainings von Kosmonauten.

9. Humangenetik

- 9.1. Studium der genetischen Wirkungen bestimmter Strahlungsarten.
- 9.2. Automatisierte biochemische Analyse biologischen Materials – wie es für die WR-Forschung entwickelt wurde – könnte auch in breitem Maße auf die screening-Methoden, z. B. angeborene Fehler des Metabolismus, angewandt werden.
- 9.3. Studium über die Wirkung von Berillium auf genetisches Material.
- 9.4. Die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Faktoren (wie beispielsweise veränderte Schwerkraft, Strahlung und Biochronologie) bei der Erzeugung biologischer Wirkungen.

10. Die Organisation der medizinischen Betreuung

- 10.1. Die Nutzung telemetrischer Geräte zur Entdeckung und Überwachung pathognostischer Veränderungen bei Patienten.
- 10.2. Die Nutzung von Kommunikationssatelliten für die Übermittlung von EKG- und EEG-Aufzeichnungen oder Röntgenaufnahmen etc. für diagnostische Zwecke.
- 10.3. Frühentdeckung physiopathologischer Veränderungen.
- 10.4. Nichttraumatische biologische Analysemethoden (z. B. Nägel, Haare).

11. Aus- und Weiterbildung in der Medizin

Die potentielle Nutzung von Kommunikationssatelliten für die medizinische Ausbildung, insbesondere zur Demonstration neuer medizinischer Instrumente und Techniken für die Behandlung von Patienten, die an seltenen Krankheiten leiden.

12. Gesundheitserziehung (Health education)

Der potentielle Nutzen von Kommunikationssatelliten für die Gesundheitserziehung.

Die Interessengebiete der WHO im Zusammenhang mit der friedlichen Nutzung des WR sind äußerst mannigfaltig. Die zu treffende Auswahl wird einmal von der Orientierung in den WHO-Programmen und zum anderen von dem Fortschritt, der in der praktischen Anwendung der WR-Technik erreicht worden ist, abhängig sein. Es ist wesentlich, eine enge Kooperation mit den anderen UNO-Spezialorganisationen zu unterhalten. Die Aktivitäten einzelner dieser Spezialorganisationen sind ergänzender oder gar gemeinsamer Natur, insbesondere die der UNESCO, WMO und ITU. Diese Kooperation wird auch auf solche zwischenstaatlichen und nationalen Organisationen ausgedehnt, die sich an der Durchführung der abgestimmten Programme beteiligen.

Auf dem Gebiete der Publikationen hat die WHO eine spezielle Ausgabe der „World Health“ (Weltgesundheit) herausgebracht, die der allgemeinen Information der WR-Medizin gewidmet ist (Mai 1969).

Zur Beachtung für die Mitglieder der DAG!

Wir erinnern jene Mitglieder der DAG an die Beitragszahlung für 1971, die ihren Beitrag für das laufende Kalenderjahr noch nicht entrichtet haben.

Bei mehr als 2 Jahren Beitragsrückstand erlischt die Mitgliedschaft lt. Statut.

Entwicklungstendenzen der amerikanischen Raumfahrt und deren Ziele

MARTIN BORK

Das amerikanische Raumfahrtprogramm, dessen Schwerpunkt bisher das System Apollo mit der damit verbundenen Mondlandung war, wird in allernächster Zukunft einem Wandel unterzogen werden, der die bisherige Konzeption bzw. Zielstellung der Erforschung des Weltalls völlig verändert. Die amerikanischen Wissenschaftler der Raumfahrttechnik haben erkannt, daß jenes kostspielige Unternehmen Apollo ein unökonomisches und auf die Dauer nicht zweckmäßiges System ist. Wernher von Braun hat sich anlässlich des Unternehmens Apollo 15 über die künftige Entwicklung der amerikanischen Raumfahrttechnik geäußert.

Schwerpunkt für die weitere Entwicklung ist eine langfristige zentrale Planung aller Raumfahrtunternehmungen. Als die bemannte Raumfahrt der USA eingeleitet wurde, war alles auf ein konkretes Ziel, die Landung von Menschen auf der Mondoberfläche, angelegt. J. F. Kennedy hat 1961 die Forderung an die amerikanischen Weltraum- und Raumfahrttechniker gestellt, als erste Menschen amerikanische Raumfahrer auf dem Mond zu landen. Schon vor geraumer Zeit haben die amerikanischen Wissenschaftler erkannt, daß es eine unerläßliche Forderung ist, für das auslaufende Apolloprogramm ein Nachfolgeprogramm zu schaffen. In letzter Zeit haben sich die Raumfahrtwissenschaftler an die Erarbeitung einer langfristigen Konzeption der weiteren Weltraumfahrt gemacht. Wernher von Braun ist seit einem Jahr für diese langfristige Zentralplanung der amerikanischen Raumfahrt verantwortlich.

Die Zukunft der amerikanischen Raumfahrt soll drei Schwerpunkte haben: 1. Weitere Apollo-Flüge zum Mond (Apollo 16 und 17), 2. Errichtung einer Raumstation (Orbital Workshop), 3. Entwicklung von wiederverwendbaren Raumflugkörpern.

Weitere Erforschung des Mondes

Die in nächster Zukunft aktuellen Unternehmungen der amerikanischen Raumfahrt sind die Flüge von Apollo 16 und 17 zu unserem Erdtrabant. Der Start von Apollo 16 ist für das Frühjahr 1972 geplant, der von Apollo 17 für den Herbst oder Winter 1972. Damit ist dann das Apollo-Programm abgeschlossen. Die Flüge von Apollo 18 bis 20 sind ja bekanntlich wegen finanzieller Schwierigkeiten der NASA gestrichen worden. Die finanziellen Mittel für die Unternehmen Apollo 16 und 17 sind der NASA zur Verfügung gestellt, und es ist für diese Flüge nicht mit weiteren Streichungen zu rechnen.

Das Forschungsprogramm, das die amerikanischen Astronauten von Apollo 15 bewältigt haben, ist in bezug auf die Masse der Forschungsgeräte die Leistungsgrenze des Saturn-Trägersystems. Es kommt also für die letzten beiden Flüge nur eine Änderung in der Gerätezusammenstellung infrage. Mit diesen Änderungen ist jedoch die Möglichkeit der Erweiterung des wissenschaftlichen Programms erschöpft.

Für die Nachfolgeprogramme der Mondforschung ist die Entwicklung neuer Untersuchungsgeräte von entscheidender Bedeutung. In den achtziger Jahren wollen die USA eine Forschungsstation auf der Mondoberfläche errichten. Diese Station wird dann eine umfangreichere Erforschung des Mondes ermöglichen, als das mit den Apollo-Flügen möglich war. Eine mögliche Zusammenarbeit mit der UdSSR für die Forschungsarbeiten auf diesen Stationen ist von den USA in Erwägung gezogen worden.

Errichtung einer Raumstation (Orbital Workshop)

Die Einrichtung einer Raumstation ist auch für die USA ein Schwerpunkt in der kommenden bemannten Raumfahrt. Das Programm ist das unmittelbare Nachfolgeprogramm der Apolloflüge und dient zunächst der weiteren Erforschung des irdischen Raumes. Im Frühjahr 1973 soll der Start der ersten Raumstation erfolgen. Bislang ist nur eine Raumstation in die Planung aufgenommen. Es ist jedoch bekannt geworden, daß für 1975 die Einrichtung einer zweiten Raumstation in der Umlaufbahn vorgesehen wurde. Die Forschungsaufgaben der ersten amerikanischen Raumstation sind ähnlich vielseitig wie die der bereits arbeitenden Salut-Sojus-Raumstation der Sowjetunion. Die Forschungsaufgaben erstrecken sich bei den amerikanischen Projekten auf drei Schwerpunkte:

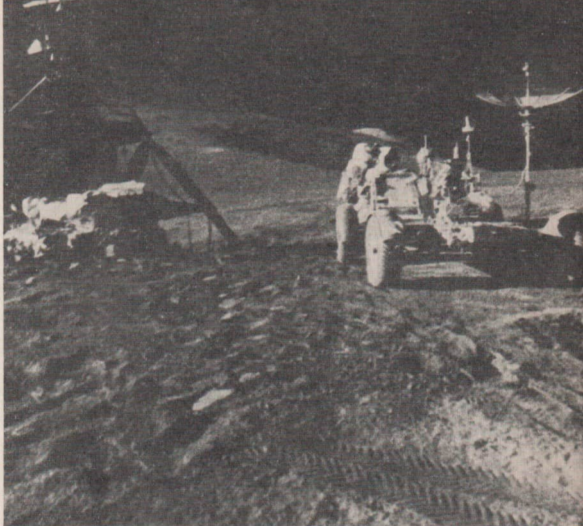
1. Untersuchung der Solar-terrestrischen Erscheinungen

Zu diesem Schwerpunkt gehören die Untersuchungen bestimmter Erscheinungen in der Erdatmosphäre, die durch die Sonneneinstrahlung verursacht werden, so z. B. die Untersuchung der Ionosphäre, des magnetischen Hauptfeldes der Erde (das von einem kurzzeitig schwankenden Magnetfeld überlagert ist, welches durch Ströme in der Ionosphäre hervorgerufen wird) und des Eindringens der Teilchenströme in die Erdatmosphäre. Die Unter-

Fortsetzung S. 192.

Apollo 15 auf dem Mond.

Scott und Ir-
vin vor dem
Einstieg in
das Mond-
auto.

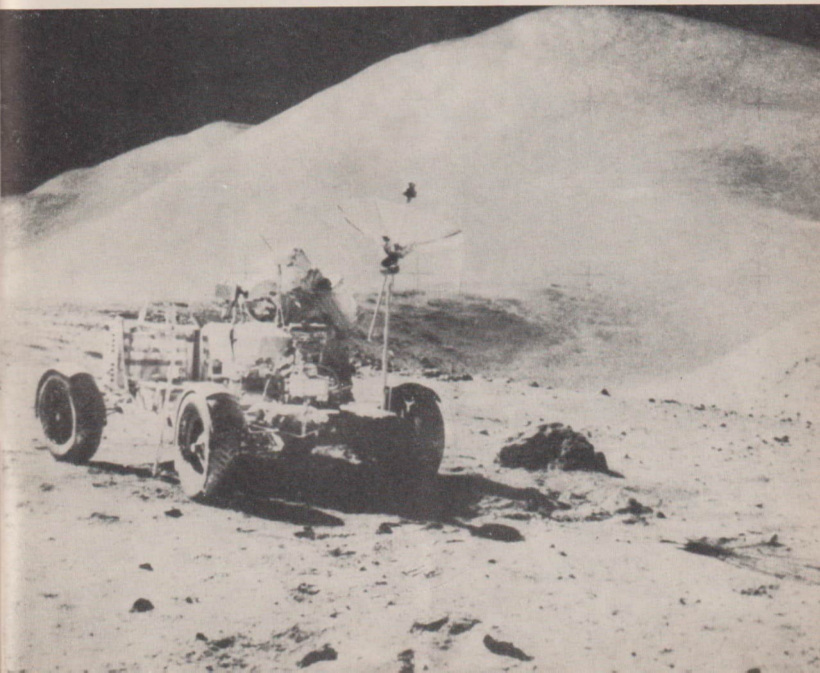


Blick auf das
Vorgebirge
des Hadley-
Massivs
(Mond-
apenninen).



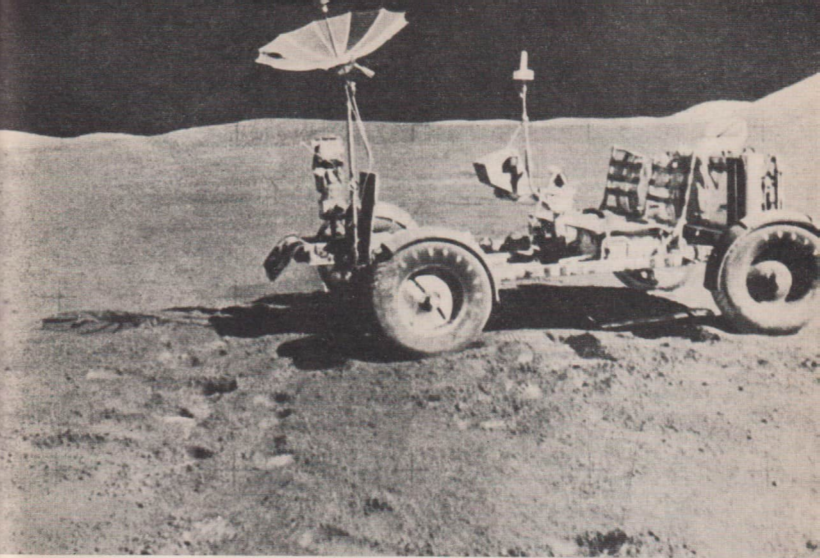


Der Mond-
boden auf
dem Weg zur
Hadley-Rille.



Das Mond-
fahrzeug
Lunar Ro-
ving Vehicle
(LRV).

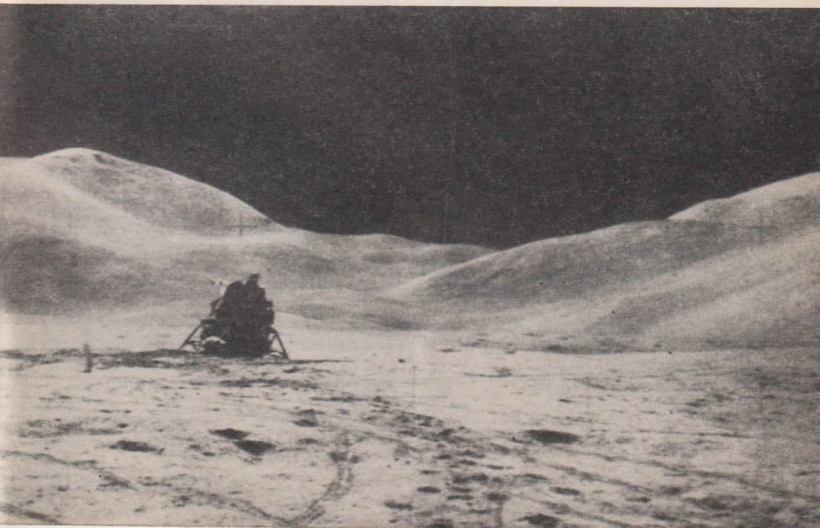




Links oben: Einer der Astronauten beim Aussetzen von Geräten. — Links unten: Das Mondauto wird zur Weiterfahrt bestiegen.

Oben: Das Mondauto kann besichtigt werden.

Unten: Die Landefähre im Landegebiet auf der Nordhalbkugel des Mondes, nahe der Hadley-Rille.



suchungen der Probleme und Eigenschaften der Sonnenstrahlung bleiben natürlich nicht nur auf die solar-terrestrischen Erscheinungen beschränkt.

2. Medizinische Untersuchungen

Bei den Untersuchungen der medizinischen Probleme sind die Aufgabenspektren ebenfalls denen der sowjetischen Salut-Sojus-Raumstation ähnlich. Das Hauptproblem bildet hier die Untersuchung der Wirkung der längeren Schwerelosigkeit auf den Organismus der Astronauten. Trotz der Ergebnisse der bisher sehr umfangreichen Untersuchungen dieses Problems bleibt die Anpassung des menschlichen Körpers an die Schwerelosigkeit ebenso ein Problem, das als noch nicht völlig gelöst anzusehen ist, wie die Wiederanpassung an die Erdschwere nach einem längeren Raumflug. So brauchen zum Beispiel die sowjetischen Kosmonauten von Sojus 9 (19tägiger Flug) über eine Woche, um sich an die Erdschwere wieder vollständig anzupassen. Die amerikanischen Astronauten von Apollo 15 hatten zwar nach ihrem 12tägigen Flug nahezu keine Schwierigkeiten mit der Wiederanpassung, doch wurde hier die Schwerelosigkeit durch den Mondaufenthalt unterbrochen, so daß man beide Experimente nur sehr bedingt vergleichen kann.

3. Erdbeobachtung

Ebenfalls äußerst wichtig für die amerikanische Raumstationbesatzung wird die Beobachtung der Erde sein. Die Ziele dieser Experimente sind vergleichbar mit denen der UdSSR, denn auch hier gelten die Untersuchungen der Rohstofffindung, Erdvermessung, Ozeanologie usw. Auf diesem Aufgabengebiet ist ein noch nicht übersehbarer Gewinn für die Ernährungswirtschaft und die Rohstoffindustrie zu erwarten.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die USA mit ihrer ersten Raumstation 1973 das durchführen wollen, was die UdSSR bereits mit ihrer ersten Raumstation Salut-Sojus 1971 durchzuführen begonnen hat. Als Zubringerfahrzeug für die Raumstation sollen die noch zur Verfügung stehenden drei Apollo-Kapseln dienen. Insgesamt sollen drei Gruppen von Astronauten die Raumstation besuchen. Die erste Gruppe soll 28 Tage im Orbit bleiben und dann von der zweiten Gruppe abgelöst werden. Wenn sich keine Schwierigkeiten gezeigt haben, dann soll die zweite und dritte Gruppe jeweils 56 Tage auf der Erdumlaufbahn verbleiben. Insgesamt ist also eine Funktionsfähigkeit der Raumstation von etwas über 4 Monaten geplant. Jede Gruppe, die die Raumstation besuchen wird, soll aus drei Astronauten bestehen.

Die Untersuchungen in dieser Raumstation werden die Problematik der Errichtung von Produktionsstätten im Weltall einbeziehen. Sie sollen u. a. prüfen: die Möglichkeiten der Herstellung künstlicher Diamanten für die Industrie, pharmazeutischer Produkte (z. B. gegen ansteckende Krankheiten), metallischer Legierungen (im Weltall lassen sich alle Metalle legieren) und von Metallen mit Supraleitfähigkeit (was für die Elektroenergie ein unabsehbarer Fortschritt wäre). Des weiteren würden biochemische Untersuchungen von hohem Wert sein (z. B. Chromosomentrennung).

Entwicklung von wiederverwendbaren Raumflugkörpern

Die Entwicklung soll parallel mit der Einrichtung einer Raumstation laufen. Die USA wollen die Konstruktion eines wiederverwendbaren Raumflugkörpers besonders forcieren, der ein ökonomisches System einzuführen erlaubt, das den stetigen Verkehr zwischen Weltall und Erde ermöglicht und Wissenschaftlern den Weg ins Weltall ebnet. Der Flugkörper soll im Prinzip einem Flugzeug gleichen, jedoch den speziellen Gegebenheiten des Einsatzes in der Schwerelosigkeit und im Vakuum sowie des Wiedereintritts in die Erdatmosphäre angepaßt sein. Die Astronauten der heutigen bemannten Raumflugunternehmen bilden dann lediglich das Pilotenteam. Als Passagiere können dann Wissenschaftler und Forscher ohne allzu große Vorbereitungen auf den Flug zu den Raumstationen gebracht werden.

Bei Verwirklichung dieses Komplexes werden die Transportkosten auf 10 % der heutigen Kosten absinken. Mit dem praktischen Einsatz der wiederverwendbaren Raumflugkörper ist jedoch nicht vor 1980 zu rechnen. Die USA haben im Zusammenhang mit dieser Entwicklung die Zusammenarbeit mit anderen Ländern angeboten. Die Beteiligungsbedingungen sollen ähnlich aussehen, wie sie bereits von der bisherigen Zusammenarbeit mit anderen Ländern auf dem Gebiet der Raumfahrttechnik bekannt sind. Des weiteren wurde von Seiten der USA in Erwägung gezogen, diese Raumflugkörper ähnlich wie die heutigen Flugzeuge anderen Ländern zum Kauf anzubieten. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß der Entwicklungsstand dieser Raumflugkörper soweit fortgeschritten ist, daß für ihre Führung keine jahrelange Ausbildung benötigt wird.

Ein weiterer Anwendungsbereich dieser Raumflugkörper ist das Befördern unbemannter Satelliten auf die Erdumlaufbahn. Die Vorteile dabei liegen darin, daß die Satelliten, unmittelbar nachdem sie auf eine Orbitalbahn gebracht wurden, von der Besatzung des Raumtransporters überprüft und korrigiert bzw. wieder zur Erde zurück gebracht werden können. Durch dieses Verfahren können auch die Kosten von unbemannten Satellitensystemen erheblich reduziert werden.

Mit dem Einsatz von wiederverwendbaren Raumflugkörpern kann die gesamte Raumfahrttechnik revolutioniert werden. Die Abgrenzung zwischen unbemannten und bemannten Raumflügen ist mit dem Einsatz dieser Raumflugkörper nicht mehr eindeutig möglich.

Über diese Zukunftspläne hinaus haben die Vereinigten Staaten bereits eine Landung auf dem Mars in Erwägung gezogen. Jedoch existiert für eine bemannte Marslandung noch kein Programm. Zunächst sollen durch weitere unbemannte Raumflugkörper Untersuchungen des Planeten erfolgen. Dafür sind Sonden geplant, die

den Mars kartographisch mit einem hohen Auflösungsvermögen vermessen. Für 1973 ist das Projekt „Viking“ geplant. Dabei soll ein zweiteiliger Raumflugkörper in eine Marsumlaufbahn gebracht werden, von dem sich dann ein Teil trennt und auf dem Mars landet. Der zurückbleibende Marsatellit soll eventuelle Landeplätze für spätere bemannte Untersuchungen ausfindig machen. Eine bemannte Landung auf dem Mars ist nach amerikanischen Angaben für die USA im Zeitraum von 1980 bis 1985 möglich. Ein Projekt oder Programm liegt jedoch noch nicht vor.

Insgesamt kann gesagt werden, daß die USA über neue Pläne und Programme für die nächsten 10 bis 15 Jahre verfügen. Die amerikanische Raumfahrt befindet sich also noch nicht in einer Sackgasse, aber die drohenden finanziellen Einschränkungen können sie in eine solche treiben.

Zwei neue Milchstraßensysteme

Im Jahre 1968 hatte der italienische Astronom Maffei bei der Durchsicht von Infrarotfotografien des Himmels aus dem Institut für Astrophysik in Frascati auf den Aufnahmen zwei bisher unbekannte Objekte entdeckt. Jetzt haben amerikanische Astronomen festgestellt, daß es sich dabei um 2 neue Milchstraßensysteme handelt, die, in der Ebene unserer Galaxis liegend, wegen ihrer durch interstellaren Staub stark geminderten Helligkeit vor der Entdeckung durch Maffei noch nicht gefunden worden waren. Diese beiden benachbarten Milchstraßensysteme, die ihren Dimensionen nach einen Vergleich mit unserer Galaxis erlauben, sind höchstens 3 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Durch ihre Entdeckung wird die Gliederung der bekannten Lokalen Gruppe der Galaxien völlig geändert. Die neuen Systeme wurden nach ihrem Entdecker Maffei 1 und Maffei 2 benannt.

Ist Mangan kosmischen Ursprungs?

Mangansedimentlagerstätten sind nach einer Hypothese des georgischen Geologen Wachtang Nadiradse möglicherweise kosmischer Herkunft. Der Wissenschaftler vertritt die Auffassung, daß vor etwa zwei Milliarden Jahren ein durch Mangan angereicherter Meteorstaub auf der Erdoberfläche niederging, der sich im Kosmos durch vulkanische Vorgänge auf verschiedenen Planeten bildete. Dieser Staub häufte sich an und verdichtete sich zu Sedimentlagerstätten auf dem Erdboden und dem Grunde der Meere und Ozeane. Der Umstand, daß fast alle Manganvorkommen innerhalb einer relativ kurzen geologischen Periode entstanden sind, stützt die Hypothese von Nadiradse.

Gemeinsame Beobachtung von Quasaren

Sowjetische und amerikanische Astronomen haben einen gemeinsamen Versuch zur weiteren Enträtselung der sogenannten Quasare abgeschlossen. An drei jeweils 10000 km auseinander liegenden Erdpunkten registrierten sie mit hochgenauer Zeitgleichheit die elektromagnetische Strahlung dieser in jüngster Zeit ins Blickfeld gerückten kosmischen Objekte. Die Gleichzeitigkeit der Beobachtung wurde durch Atomuhren garantiert. Gegenwärtig werden die Resultate mittels EDV-Anlagen ausgewertet.

Scheinprozeß zum Weltraumrecht

Ein Weltraumschiff stürzt ab. Wer haftet ?

Im Mittelpunkt eines internationalen Juristen-Kongresses in Belgrad stand ein Scheinprozeß, in dem über den angenommenen Absturz eines Weltraumschiffes und die sich daraus ergebenden Schadenersatzansprüche verhandelt wurde. Zur Verhandlung stand folgender fingierter Fall: Ein in Italien gebautes Raumschiff, zu dem Japan Bremsraketen geliefert hatte und das von der NASA in den USA gestartet worden war, stürzte auf das Parlamentsgebäude in Belgrad, tötete einen äthiopischen Diplomaten und seinen Sohn und verletzte einen Geschäftsmann aus Venezuela schwer. Kläger und Beklagte wurden von mehreren Juristen vertreten.

Für Jugoslawien verlangte Prof. Markovic, die Vereinigten Staaten, Italien und Japan sollten gemeinsam Schadenersatz leisten.

Der Vertreter der Angehörigen des äthiopischen Diplomaten hielt die USA allein für schadenersatzpflichtig, während der Anwalt des Venezolaners mit Markovic übereinstimmte.

Das „Gericht“ stellte schließlich die Haftung der Vereinigten Staaten fest, wenn auch keine Fahrlässigkeit vorliege. Die Richter stützten sich bei diesem Urteil auf die These, wonach derjenige, der ein gefährliches Gerät benutzt, im Schadensfall haften muß.

Der „Scheinprozeß“ machte deutlich, daß internationale Normen notwendig sind, um das angesprochene Problem zu lösen. Ein entsprechender Vertrag wird dringlich.

Prof. G. Reintanz

Buchbesprechung

Keplers Leben in Bildern und nach eigenen Berichten

Am 27. Dezember 1971 jährt sich der Geburtstag Johann Keplers zum 400sten Mal. Dies war dem Rudolf-Trauner-Verlag in Linz Anlaß, ein Kepler-Gedenkbuch herauszubringen, in dem das Leben Keplers dem Leser anhand zahlreicher ausgezeichneten Bilder und auf der Grundlage eigener Aufzeichnungen Keplers nähergebracht wird. Der umfangreiche Bildteil des Buches ist entsprechend den Hauptwirkungsstätten Keplers in fünf Abschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt beschäftigt sich mit der Heimat des bekannten Forschers: dem Geburtsort Weil der Stadt, den Stätten seiner Ausbildung in Leonberg, Ellmendingen, Adelberg, Maulbronn und schließlich Tübingen, wohin er 1589 zum Studium der Theologie an die Universität ging.

1594 folgte Kepler dem Ruf als Professor an die Landschultheisschule nach Graz. Dieser Stadt ist der zweite Abschnitt gewidmet. In Graz begann für Kepler die eigentliche Beschäftigung mit der Mathematik und damit der Astronomie, die in der damaligen Zeit noch allein in den Bereich der Mathematik gehörte. Physikalische Gesichtspunkte wurden erst später – ganz entscheidend durch Keplers Arbeiten – bedeutungsvoll für die astronomische Forschungsarbeit.

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich dann mit einer der wesentlichen Wirkungsstätten Keplers, nämlich Prag, wo aus dem Philosophen Kepler der Astronom wurde. Hier kam es zur Entdeckung der ersten zwei nach ihm benannten Gesetze, und hier arbeitete er über die wichtigen Fragen des „Optischen Teils der Astronomie“.

Seinem weiteren Lebensweg entsprechend befaßt sich der 4. Bilderkomplex mit der Stadt Linz, in der Kepler von 1612 bis 1626 wohnte und arbeitete. Hier entdeckte er das dritte nach ihm benannte Gesetz der Planetenbewegung, und es kam zwischen 1618 und 1621 zur Veröffentlichung seines umfangreichen Buches (Epitome astronomiae Copernicanae), das in sieben Büchern 20 Teile umfaßt, in denen Kepler auf vorrangig wichtige Fragen knapp antwortet.

Der fünfte und letzte Bilderabschnitt beschäftigt sich mit den letzten Wirkungsstätten Keplers „Ulm und Sagan (1626 bis 1628 Ulm, 1628 bis 1630 Sagan), von wo er 1630 eine Reise nach Regensburg unternahm, auf der er verstarb. Im Bildteil findet man ausgezeichnete Wiedergaben von Fotografien historischer Gebäude aus den Städten, in denen Kepler wirkte, von Kupferstichen und Federzeichnungen alter Stadtansichten, von Gemälden solcher Persönlichkeiten, die mit Kepler und seinen Arbeiten in Beziehung standen, von Instrumenten und Anschauungsmitteln, die Kepler für seine Arbeit benutzte, sowie von einigen Titelblättern von Arbeiten, die Kepler veröffentlichte. Diese mehr als 150 Bilder geben einen guten Überblick über den Kulturkreis und die Zeit, in der Kepler lebte, und „veranschaulichen“ seinen Lebensweg. Die Texte zu den Bildtafeln sind keineswegs einfache Bildunterschriften zur Erläuterung der Abbildungen, sondern geben in ihrer Gesamtheit eine kurze Biographie Keplers. Sie erfassen – genau wie die Bilder – auch Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens, mit denen Kepler in Beziehung stand, sowie die Umwelt überhaupt, in der Kepler wirkte.

Zu den einzelnen Bildabschnitten gibt der Autor kurze Einführungen, in denen der Leser einen Überblick erhält über die wissenschaftlichen Arbeiten Keplers an den jeweiligen Orten. Dabei gibt es an zwei Stellen irreführende Formulierungen. Im Vorspann zum Bildteil „Prag“ heißt es: „im Gegensatz zu Ptolemäus, Kopernikus und Brahe setzte Kepler die Sonne in den Mittelpunkt des Planetensystems und sah in ihr die Kraftquelle, die das System bewegt“. Das gleichberechtigte Nebeneinander von Ptolemäus, Brahe und Kopernikus ist nicht richtig. In den einführenden Worten zum Abschnitt „Linz“ findet man: „wenn er unrichtig die von der Sonne ausgehende Kraft mit dem Quadrat der Entfernung abnehmend bestimmt“. Die Aussage, daß die Gravitationskraft mit dem Quadrat der Entfernung von der Kraftquelle abnimmt, ist aber richtig.

Insgesamt geben die Einführungen zu den Bildabschnitten einen sehr guten Überblick über die wissenschaftliche Tätigkeit Keplers, die keineswegs nur auf dem rein astronomischen Gebiet lag, wie auch hier deutlich zum Ausdruck kommt.

Sehr interessant zu lesen ist die Autobiographie, die der Autor aus Briefen, Tagebuchaufzeichnungen und anderen Dokumenten aus dem Nachlaß Keplers zusammengestellt hat. In diesem Teil des Buches lernt man Kepler nicht nur als den Wissenschaftler, sondern als Gesamtpersönlichkeit in der damaligen Zeit kennen, so seine wissenschaftlichen Erfolge und die damit manchmal verbundenen Schwierigkeiten, seine familiären Verhältnisse und ganz besonders seine Beziehungen zu den Menschen seiner Umgebung. In umfangreichen Anmerkungen ist die Autobiographie durch Quellenangabe belegt.

Ein Anhang beinhaltet den Bericht Keplers über den Hexenprozeß seiner Mutter, dessen Lektüre auch zum Verständnis der damaligen Zeit beiträgt. Der Bericht ist wieder durch Quellenangaben belegt. Weiterhin kommen Keplers „Traum vom Mond“ und einige bisher ungedruckte Briefe Keplers hier zum Abdruck.

Durch die insgesamt sehr gute inhaltliche Gestaltung und auch durch die hervorragende äußere Ausstattung, vor allem im Bildteil, ist damit zum Kepler-Jubiläum ein würdiges Gedenkbuch entstanden, das dem Leser und Betrachter Kepler in seiner Umwelt zeigt.

Sm.

Johann Kepler, Sein Leben in Bildern und eigenen Berichten

308 Seiten mit 167 Bildern, Ganzleinen, 21 × 27 cm, Rudolf Trauner Verlag, Linz (Österreich) 1971.