

Dr. J.
16.2.72



Astronomie und Raumfahrt

1970 **1**

Inhalt

	Seite
Spektrographische Aufnahmen mit den Mitteln des Amateurastronomen · Dr. K. Junge und Dr. W. Pfau	1
Telefotografie durch Kombinationen zweier Objektive · K. Newiak	8
Amateure beobachten und berichten	
Das Erdbeben vom 22. Januar 1970 · Helmut Wolf	11
Die Sonnenfleckentätigkeit im 4. Vierteljahr 1969 · Erich Schütz	12
Aus der Literatur	
Einfluß der Philosophie auf die Revolution in der Physik (Die Revolution in der Astronomie — Mathematisierung der Physik — Analyse des wissenschaftlichen Denkens — Wechselbeziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft) ..	13
Über Lebenserhaltungssysteme im Kosmos	29
Bildseiten	
Zum Beitrag „Spektrographische Aufnahmen“ — Marsaufnahmen durch Mariner 6 und 7 — Die Ardenne-Sternwarte in Dresden	15—18
Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Lenins sozialistischer Staat als Förderer der Raumfahrt · Herbert Pfaffe und Horst Hoffmann	19
Das sowjetische und das amerikanische Raumfahrtprogramm · Herbert Pfaffe ..	27

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

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

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

Spektrographische Aufnahmen mit den Mitteln des Amateurastronomen

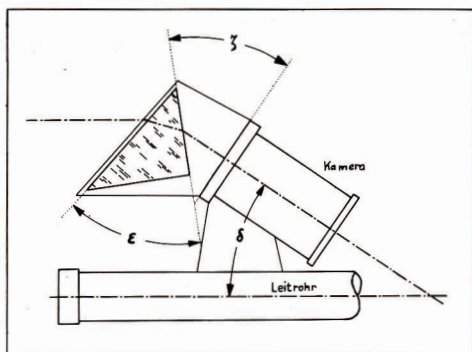
Dr. K. JUNGE und Dr. W. PFAU

Ein bedeutender Teil unseres astronomischen Wissens beruht auf spektrographischen Beobachtungen. So unsere gesamten Kenntnisse über Zustand und Aufbau der äußersten Schichten eines Sternes, seine Oberflächentemperatur zum Beispiel oder die chemische Zusammensetzung der Hülle. Weiterhin gehen aber auch alle Aussagen über die Rotation von Sternen, bzw. allgemeiner über ihre Bewegungen im Raum auf die Auswertung von Spektren zurück. Gleichzeitig stellt die Spektroskopie aber wohl das für den Beobachter unmittelbar reizvollste astronomische Beobachtungsverfahren dar. Bereits beim bloßen Betrachten verrät das Spektrum eines Sternes nämlich mehr von dessen Eigenheiten, als das eine Positions- oder Helligkeitsbestimmung tut. Das Bemerkenswerte ist nun, daß spektrographische Beobachtungen auch dem photographisch tätigen Amateurastronomen möglich sind und ihm ein interessantes und anregendes Betätigungsfeld eröffnen.

Bei wissenschaftlichen Arbeiten wird je nach Aufgabenstellung entweder der einzelne Stern mit Hilfe kompliziert aufgebauter Spektrographen untersucht, oder aber es werden durch ein Objektivprisma gleichzeitig die Spektren einer großen Zahl von Objekten abgebildet. Sehen wir ab von dem wenig wirksamen Okularspektroskop, das dem visuellen Betrachten von Sternspektren dient, so wird sich der Amateur für seine Beobachtungen am geeignetsten eines Objektivprismas bedienen. Die sonst für Sternaufnahmen verwendete Kamera, sei es eine Kleinbildkamera, eine handelsübliche Astrokamera oder ein „Eigenbau“, wird dazu vor dem Objektiv durch ein Prisma ergänzt. Dieses sollte möglichst so groß sein, daß die Kameraöffnung voll ausgenutzt wird. Das Prisma bewirkt, daß das vom Stern kommende Lichtbündel gebrochen wird und in Abhängigkeit von der Wellenlänge auffächert in eine unendliche Zahl gegeneinander geneigter Bündel, die dementsprechend auf der Photoplate nebeneinander zur Abbildung kommen.

Beginnen wir mit einigen quantitativen Betrachtungen. In Abb. 1 kommt von links ein Lichtstrahl, der vom Prisma um den Winkel δ abgelenkt wird. Diese Ablenkung ist am kleinsten, wenn der Lichtweg symmetrisch verläuft, die Neigungen des ein- und austretenden Strahls zu den entsprechenden Prismenflächen also gleich sind. Gibt man sich ein Prisma mit dem brechenden Winkel ε und eine Glassorte mit bestimmten optischen Eigenschaften vor, so läßt sich rechnerisch diejenige Lage zwischen Prisma und Kamera ermitteln, bei der die erwähnte Minimumsbedingung erfüllt ist. Sie sei durch den Winkel ζ charakterisiert. Die Prismenfassung muß auf diese günstigste Neigung zum Objektiv Rücksicht nehmen. Ist über die optischen Eigenschaften des Prismas nichts bekannt, so läßt sich das Minimum der Ablenkung auch empirisch finden. Die Beschreibung des Verfahrens würde hier jedoch zu weit führen. Hinsichtlich des Positionswinkels ist es am vorteilhaftesten, wenn die brechende Kante des Prismas (an der der Winkel ε liegt) parallel zur Richtung der täglichen Bewegung der Gestirne gestellt wird, die Spektren also in Deklinationsrichtung entstehen. Die Gründe dafür werden später klar werden. Mit der Vorgabe des Prismas ist auch der Ablenkungswinkel δ festgelegt. Dieser ist für die Beobachtung von unmittelbarer Bedeutung, weil er angibt, um welchen Betrag die Kamera aus ihrer ursprünglichen Lage gekippt werden muß, um die brechende Wirkung des Prismas auszugleichen. Leitrohr und Kamera zeigen danach wieder das gleiche Gesichtsfeld. Abb. 2 (S. 15) zeigt eine Amateur-Astrokamera vom VEB Carl Zeiss

Abb. 1:
Ablenkung
eines monochromatischen
Lichtstrahls durch ein
Prisma.



Jena (Tessar 56 250) mit selbstgebauter Prismenfassung bei abgenommener Tauskappe. Bei der gezeigten Einrichtung finden wahlweise ein 45°-Prisma aus BK 7 oder eines aus Schwerflint SF 16 mit 30° brechendem Winkel Verwendung. Die Neigung zwischen Kamera und Refraktor ist deutlich zu erkennen.

In Tabelle 1 sind für eine Reihe von gängigen Glassorten und Prismenwinkeln ε die Werte für δ und ζ (für 486.1 nm) zusammengestellt.

Uns interessiert aber nun nicht eigentlich die Ablenkung eines monochromatischen Strahls durch das Prisma, sondern dessen Vermögen, Anteile verschiedener Wellenlänge zu trennen. Das kommt dadurch zustande, daß über die optischen Eigenschaften des Glases die Ablenkung δ wellenlängenabhängig ist, d. h. verschiedene Wellenlängen unterschiedlich beeinflusst werden und eine sogenannte Winkeldispersion auftritt. Für die angenommenen Kombinationen ist in Tab. 1 (Spalte 5) zusätzlich noch angegeben, welche Differenz in den Ablenkungswinkeln sich jeweils zwischen zwei Strahlen der Wellenlängen 486.1 nm (H β) und 434.0 nm (H γ) nach Durchgang durch das Prisma einstellt. Entsprechend der Kamerabrennweite resultiert aus der Winkeldispersion eine Lineardispersion auf der Photoplatte. Für eine Brennweite von 100 mm sind diese Werte in der letzten Spalte Tab. 1 enthalten und in Abb. 3 graphisch dargestellt. Sie lassen sich durch Multiplikation mit f/100 leicht auf die Verhältnisse einer Kamera der Brennweite f (in mm) übertragen. Der Abbildung nach werden die stärksten Dispersionen mit Schwerflintgläsern erzielt. Diese haben allerdings den Nachteil einer ziemlich hohen Absorption im Kurzwelligen. Noch wirksamer hinsichtlich der Dispersion ist Schwefelkohlenstoff. Das wurde von Amateurastronomen wirklich ausgenutzt. So schreibt Kreusler in seinen Erinnerungen [1], daß er sich mehrfach Prismen aus verkittetem Spiegelglas, gefüllt mit Schwefelkohlenstoff, hergestellt habe. Dies sei aber nur der Kuriosität wegen angeführt, denn tatsächlich bringen die Flüssigkeitsprismen eine Menge technischer Probleme mit sich. Sie wurden von Kreusler wohl auch nur im Laboratorium verwendet.

In Abb. 3 ist ausdrücklich vermerkt, für welchen Wellenlängenbereich die angegebenen Dispersionen Gültigkeit haben. Das ist notwendig, weil die Dispersion

Tabelle 1:

Optische Wirkung verschiedener Prismen

Glassorte	ϵ	Minimum der Ablenkung δ	Neigungswinkel ζ	Winkeldispersion $H\beta$ bis $H\gamma$	Lineare Dispersion bei 100 mm Brennweite
BK 7	15°	7°55'	11°28'	4'.1	0.120 mm
	30	16 24	23 12	8 .7	0.253
	45	26 14	35 37	14 .6	0.425
	60	39 06	49 33	23 .8	0.692
K 13	15°	8°01'	11°30'	4'.9	0.143
	30	16 36	23 18	10 .4	0.303
	45	26 35	35 48	17 .4	0.506
	60	39 40	49 50	28 .9	0.841
BaF 5	15°	9°21'	12°11'	6'.6	0.192
	30	19 27	24 43	14 .2	0.413
	45	31 24	38 12	24 .5	0.713
	60	47 48	53 54	42 .2	1.228
F 2	15°	9°36'	12°18'	9'.5	0.276
	30	19 58	24 59	20 .4	0.593
	45	32 18	38 39	35 .0	1.018
	60	49 23	54 41	61 .8	1.798
SF 16	15°	10°01'	12°31'	10'.7	0.311
	30	20 53	25 26	22 .9	0.666
	45	33 51	39 26	39 .8	1.158
	60	52 09	56 05	72 .0	2.095
SF 5	15°	10°26'	12°44'	11'.8	0.343
	30	21 48	25 54	25 .5	0.742
	45	35 27	40 13	44 .4	1.292
	60	55 04	57 32	81 .3	2.365

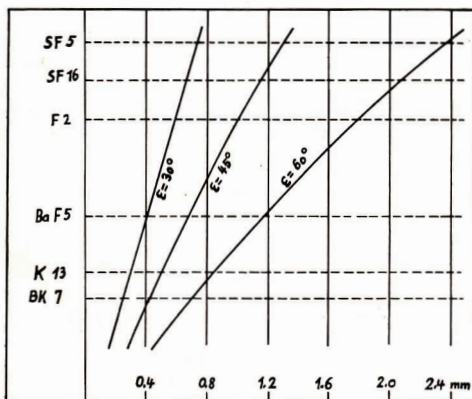


Abb. 3: Lineare Dispersion zwischen H und H bei verschiedenen Prismen. Angekommene Kame-rabrennweite 100 mm.

selbst wieder wellenlängenabhängig ist, und zwar in dem Sinne, daß der Betrag nach dem Blauen hin normalerweise zunimmt, das Spektrum dort also stärker auseinandergezogen wird als im Roten.

Überlegungen wie die eben angestellten, gehören in die Etappe der Planung einer Objektivprismenkamera. In dieser Phase muß man sich aber auch Gedanken machen, welche Reichweite mit der Einrichtung letzten Endes zu erzielen sein wird. Am sichersten läßt sich noch der Reichweitenverlust gegenüber normalen photographischen Sternaufnahmen bei gleicher Kamera und Belichtungszeit abschätzen. Ausgangspunkt dafür ist die Tatsache, daß durch die Wirkung des Prismas das sonst in einem kleinen Scheibchen konzentrierte Licht auseinandergezogen wird zu einem „Faden“ etwa der gleichen Breite, aber einer beträchtlichen Länge. Man kann annehmen, daß bei Verwendung einer panchromatischen Emulsion, die auch die roten Anteile des Lichtes zur Wirkung kommen läßt, die Gesamtlänge des Spektrums etwa drei- bis viermal so groß ist wie der Abstand der Linien $H\beta$ und $H\gamma$. Dieser Abstand ist nach Abb. 3 bereits bekannt. Im Verhältnis des Bilddurchmessers zur Länge des Spektrums sinkt die Beleuchtungsstärke in der Fokalebene und damit die Reichweite. Berücksichtigt man im Hinblick auf spätere Überlegungen eine künstliche Verbreiterung der Spektren, so ist die Fläche des Sternscheibchens mit der Fläche des Spektrums zu vergleichen. Der Grenzgrößenverlust folgt dann aus der bekannten Definition der astronomischen Größenklasse zu

$$\Delta m = 2,5 \lg \frac{L \cdot B}{D^2}$$

Darin bedeuten D den Bilddurchmesser an der Grenze der Platte ohne Prisma, L die Länge des Spektrums und B seine Breite. Rechnet man mit $D = 0,05$ mm, $L = 5$ mm und $B = 0,2$ mm, so folgt daraus ein Verlust von 6,5 Größenklassen gegenüber der direkten Photographie. Diese Abschätzung ist ganz grob und nimmt keinerlei Rücksicht auf die Intensitätsverteilung im Spektrum, Absorptionsverluste im Glas usw., aber sie liefert doch einen Richtwert (im Rahmen der Genauigkeit konnte sogar auf den Faktor $\pi/4$ bei D^2 verzichtet werden!).

Bevor wir uns der eigentlichen Aufnahme von Sternspektren zuwenden, noch eine Bemerkung zur Fokussierung der Kamera mit Objektivprisma. Wenn die Prismenflächen genau plan geschliffen sind, verläßt das vom Stern kommende parallele Lichtbündel das Prisma auch parallel, und am Fokus der Gesamtanordnung dürfte sich nichts ändern. Bei praktisch allen Objektiven ist aber die Brennweite wellenlängenabhängig (chromatische Aberration oder Farbortsfehler). Das äußert sich dadurch, daß bei chromatisch nicht sehr gut korrigierten Objektiven ein Spektrum nicht über seine ganze Länge gleichzeitig scharf abgebildet wird. Für verschiedene Spektralbereiche sind dann unterschiedliche Fokussierungen notwendig.

Wenn unsere Kamera mit Objektivprisma fest auf einem Stern nachgeführt wird, so zeigen alle Sterne des Gesichtsfeldes fadenförmige Spektren. Diese stellen sozusagen die Aneinanderreihung vieler einzelner Sternbildchen im Lichte jeweils anderer Wellenlängen dar. Ein solcher „Lichtfaden“ läßt kaum Einzelheiten erkennen. Wenn etwa Spektrallinien mit Sicherheit aus den zufälligen Schwankungen im Plattenkorn herausgefunden werden sollen, müssen die Spektren bei der Aufnahme künstlich verbreitert werden. Falls es auf möglichst große Reichweite ankommt, wird man damit zwar nicht höher als notwendig gehen, sollte aber eine Breite von mindestens 0,2 mm auf der Platte anstreben. Es gibt verschiedene Wege, eine Verbreiterung zu erreichen. Bei hellen Objekten bietet es sich an, bei stehendem Fernrohr allein die tägliche Bewegung auszunutzen. Es muß dann nur die Belichtungsklappe rechtzeitig geschlossen werden. Für schwächere Objekte, die bei diesem Verfahren nicht mehr zur Abbildung kommen, wäre als Verbreiterungsmöglichkeit zunächst das „Treideln“ zu nennen. Dabei wird das Fernrohr während der Auf-

nahme ständig so bewegt, daß der Stern im Leitrohr zwischen zwei vorgegebenen Marken pendelt, das Spektrum also mehrfach überfahren wird. Der Abstand der Marken ist entsprechend den Brennweiten von Leitrohr und Kamera und der gewünschten Spektrenbreite festzulegen. Eine andere Möglichkeit besteht, wenn ein Stundenantrieb vorhanden ist, dessen Geschwindigkeit geändert werden kann, zum Beispiel über einen verstellbaren Fliehkraftregler. Dieser muß dann so reguliert sein, daß im Verlauf der Belichtungszeit Himmel und Fernrohr nach und nach gerade so viel auseinander laufen, daß auf der Platte ein Bild der geforderten Breite entsteht. Bei diesem Vorgehen ist die Deklination des Sternes oder der Plattenmitte in Rechnung zu setzen. Im Gegensatz zur eben beschriebenen, stetig wachsenden Verbreiterung kann das endgültige Bild auch nacheinander aus unverbreiterten Einzelspektren aufgebaut werden. Das kann durch Versetzen des Fernrohres oder der Photoplatte geschehen. Die Gesamtbelichtungszeit setzt sich dann aus einer Reihe von Einzelbelichtungen zusammen. Welchem Verfahren der Sternfreund letzten Endes den Vorzug geben wird, hängt von seiner Ausrüstung, wahrscheinlich aber auch etwas vom persönlichen Geschmack ab.

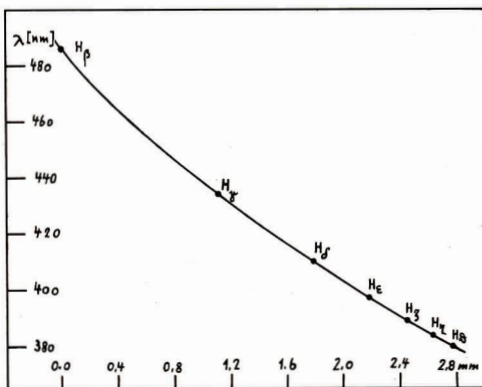
Wird die tägliche Bewegung der Gestirne zur Verbreiterung ausgenutzt, so ist es notwendig, die brechende Kante des Prismas parallel zu den Stundenkreisen zu stellen. Das empfiehlt sich aber noch aus einem anderen Grunde. Die Nachführung des Fernrohres ist in Deklinationsrichtung immer zuverlässiger als in Stundenrichtung. Ist das Prisma in der empfohlenen Weise orientiert, so bewirkt ein Nachführungsfehler nur ein Verschieben der Spektren parallel zu den Absorptionslinien; diese bleiben in ihrer Schärfe also erhalten. Im anderen Fall erscheinen sie verwaschen. Eine Abweichung in Deklinationsrichtung tritt normalerweise nur auf, wenn die Stundenachse des Fernrohres nicht genau nach dem Himmelspol ausgerichtet ist. Durch Nachführen während der Aufnahme läßt sich dann zwar der Leitstern scharf zur Abbildung bringen, das ganze Gesichtsfeld dreht sich jedoch um diesen, und Sterne am Rande würden bestenfalls auch verwaschene Linien zeigen. Sind bei großem Gesichtsfeld lange Belichtungszeiten beabsichtigt, so ist also auf die Aufstellung des Fernrohres zu achten.

Liegen schließlich die ersten Sternspektren vor, so sollten sie zunächst benutzt werden, um auf empirischem Wege die Leistung der Objektivprismenkamera zu ermitteln. Die eingangs erwähnten Rechnungen mit Tab. 1 bzw. Abb. 3 als Resultat sind nützlich, wenn der Einsatz eines Prismas geplant wird. Sie liefern uns Aussagen über die zu erwartenden Dispersionen. In der Praxis ergeben sich diese ohne großen Aufwand einfacher aus den Spektren selbst. Am besten geeignet für eine solche Aufgabe sind Sterne der Spektraltypen A und B. Man kann sie sich etwa bei Ahnert [2] zur Beobachtung auswählen. Sie zeigen in ihren Spektren eine charakteristische Folge von Absorptionslinien des Wasserstoffs, die sogenannte Balmer-serie.

Das Spektrum des AO-Sternes in Abb. 4 (S. 15) zeigt, wie auffällig diese Linien sind. Sie werden, im Roten beginnend, als $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ usw. bezeichnet. Bei $H\alpha$ mit seiner Wellenlänge von 656,3 nm sind die meisten photographischen Emulsionen allerdings schon so unempfindlich, daß die Linie nicht mehr in Erscheinung tritt. Die gesuchte Dispersionskurve erhält man, wenn auf der Aufnahme der Abstand jeder einzelnen Linie von einer als Bezugspunkt gewählten gemessen und graphisch über der Wellenlänge aufgetragen wird.

Abb. 5 zeigt das Ergebnis für eines der beiden Prismen, die zusammen mit dem Instrument von Abb. 2 Verwendung finden. Als Bezugslinie diente $H\beta$. Eine Dispersionskurve ist immer nur für ein begrenztes Gebiet auf der Platte gültig und muß bei höheren Ansprüchen an Genauigkeit an mehreren Stellen bestimmt werden. Meist wird man auch dazu wieder Sterne mit Balmerlinien finden können.

Abb. 5: Dispersionskurve für 250 mm Brennweite und ein Objektivprisma aus SF 17 (brechender Winkel 30°).



Es erhebt sich an dieser Stelle die Frage, womit die Spektren am günstigsten ausgemessen werden; immerhin mißt der Abstand einzelner Linien voneinander höchstens nach Zehntel Millimetern. Gute Dienste leistet unter Umständen schon der alte „Fadenzähler“ mit seiner 0,1 mm-Teilung. Besser erscheint ein Verfahren, das Alt [3] vorgeschlagen hat. Er projiziert die Spektren mit Hilfe eines Diaprojektors auf Zeichenpapier und mißt sie im vergrößerten Maßstab aus.

Über die Linien des Wasserstoffs hinausgehend ist es notwendig, die Wellenlängen einiger anderer auffälliger Absorptionslinien zu kennen. Diese braucht man, um sich in Spektren von Sternen zurechtzufinden, die keine Mitglieder der Balmerreihe erkennen lassen. Hat man dort auch nur eine Linie sicher identifiziert, so findet man sich mit Hilfe der Dispersionskurve weiter und kann dann sogar „neue“ Absorptionen entdecken. Aus diesem Grunde sind in Tab. 2 einige wichtige Linien zusammengestellt.

Das unterschiedliche Auftreten von Linien in Spektren verschiedener Sterne wurde bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Einteilung in Klassen be-

Tabelle 2:

Wellenlängen einiger wichtiger Linien

Wellenlänge	Ursache	Wellenlänge	Ursache
656.3 nm	H α	422.6	Ca
495.4		410.2	H δ
486.1	H β	402.6	He
476.2		397.0	H ϵ
464.9		396.8	H
458.5		393.4	K
447.1		388.9	H ζ
434.0	H γ	383.5	H η
ca. 430.8	G-Band	379.7	H θ
			H

nutzt. Auch die modernen spektroskopischen Arbeiten haben als Klassifikationsprinzipien die Existenz bzw. die relative Stärke bestimmter Absorptionslinien. Die physikalischen Gründe für das unterschiedliche Auftreten von Linien sind aber bekannt und die einzelnen Spektralklassen sind nicht mehr willkürlich nebeneinander gestellt, sondern bilden in der üblichen Anordnung eine Folge abnehmender Temperatur der Sterne.

Das Klassifizieren von Sternspektren ist eine sehr reizvolle Beschäftigung und im Prinzip, wenn auch selbstverständlich nicht in letzter Feinheit, mit den Mitteln des Amateurs möglich. Die Grobeinteilung geschieht anhand der charakteristischen Merkmale der einzelnen Spektralklassen. Diese Merkmale seien deshalb im folgenden vereinfacht zusammengestellt. Für die feinere Klassifikation wird man das gerade interessierende Spektrum dann mit ähnlichen Spektren, die man sich als bekannt vorgibt, vergleichen müssen.

B 0: Die Balmerserie ist schwach. Bei gut belichteten Spektren treten einige Heliumlinien und eine Linie des einfach ionisierten Sauerstoffs auf.

A 0: Stärkstes Auftreten der Balmerserie. Die Linien H und K des einfach ionisierten Kalziums sind kaum sichtbar.

F 0: Balmerserie noch deutlich, aber schwächer als beim Typ A 0. Die K-Linie ist so stark wie die zusammenfallenden Linien H und H ϵ .

G 0: Die Linien H und K sind die auffälligsten Merkmale.

K 0: Das blaue Ende des Spektrums wird bei diesen Sternen meist so schwach belichtet sein, daß H und K höchstens am Rande in Erscheinung treten. Die Linie 422.6 des neutralen Kalziums tritt auf, ebenso das G-Band.

M 0: Charakteristisch sind die Banden vom Titanoxyd. Die Linie vom neutralen Kalzium ist sehr stark.

Da die Einteilung der Spektren viel genauer als nach diesem groben Schema erfolgen kann, sind die einzelnen Klassen noch dezimal unterteilt worden, so daß zum Beispiel zwischen F 0 und G 0 noch F 1, F 2 usw. bis F 9 stehen. Das entsprechende gilt auch für die anderen Klassen. Daß eine solche feinere Unterteilung möglich ist, zeigt sich besonders deutlich an der stetigen Zunahme der Stärke der K-Linie relativ zu den Balmerlinien zwischen A 0 und etwa G 0. Um den Typ F 0 herum ist diese Linie direkt auffällig, weil sie die Regelmäßigkeit der Balmerserie stört. Eine bemerkenswerte Erscheinung sind die durch Moleküle verursachten Banden, die bei den M-Sternen auftreten. Sie sind auf der Seite kürzerer Wellenlängen scharf begrenzt und verlaufen nach dem roten Ende hin diffus. Die Wellenlängenangaben in Tab. 2 beziehen sich auf die scharfe Grenze, den sogenannten Bandenkopf.

Außer den aufgeführten Typen, in die sich die überwältigende Mehrzahl aller Sterne einordnen läßt, bestehen noch einige Gruppen für besondere Objekte. Darunter gibt es auch solche, bei denen Linien nicht wie üblich in Absorption, sondern in Emission auftreten. Auch dafür finden sich Beispiele bei Ahnert [2], etwa der hellen Doppelstern λ Ori. Das Spektrum beider Komponenten ist 05e. 0 kennzeichnet dabei einen Sterntyp mit noch höherer Oberflächentemperatur, als sie die B-Sterne haben, e deutet auf die Emissionslinien hin. Emissionen findet man auch in den Spektren der meisten Mira-Veränderlichen, so bei o Ceti selbst.

Besondere Freude macht das Vergleichen und Einordnen, wenn die Sternspektren im Laufe der Zeit Veränderungen zeigen. Das tritt mehr oder weniger deutlich bei bestimmten Typen von veränderlichen Sternen auf. Die meisten Objekte sind allerdings nicht besonders hell. Ein Paradebeispiel aus dieser Kategorie ist U Mon. Er gehört zu den RV Tauri-Sternen und ändert sein Spektrum zwischen F 8e im Helligkeitsmaximum und K 0 im Minimum. Bemerkenswert ist, daß mit dem Helligkeitsanstieg die Wasserstofflinien in Emission erscheinen und kurz nach dem

Maximum wieder verschwinden. Die Helligkeit schwankt zwischen 6.m1 und 8.m1. Ähnlich wie dieser Stern, auch bei etwa gleicher Helligkeit liegend, verhält sich R Scu. Leider haben beide den Nachteil, daß sie in unseren Breiten im günstigsten Fall nur 30° bzw. 33° über dem Horizont stehen. Besser sieht es in dieser Hinsicht mit einigen δ Cep-Sternen aus: T Mon (F 7 — K 1; 6^m4 — 8^m0), η Aql (F 6 — G 4; 4^m1 — 5^m2), S Sge (F 6 — G 5; 5^m9 — 7^m0) und T Vul (F 5 — K 0; 5^m3 — 6^m8). In Klammern stehen jeweils der in Spektrum bzw. Helligkeit (alle Angaben photographische Helligkeiten) überstrichene Bereich. Für T Vul wird von einigen Autoren eine geringere Veränderung des Spektrums angegeben.

Ganz besonders schöne Aufnahmen wurden mit der in Abb. 2 vorgestellten Kamera 1967 und 1968 von der Nova Del erhalten. Abb. 6 (S. 15) gibt die Reproduktion eines Spektrums. Leider geht die Fülle der im Original vorhandenen Details bei der Wiedergabe verloren. Immerhin wird deutlich, daß das Spektrum in diesem späten Entwicklungsstadium der Nova vollständig durch Emissionslinien bestimmt war. Diese gingen auf die Ausstrahlung in einer bereits stark ausgedehnten Hülle zurück. In einem früheren Stadium erzeugte diese Hülle außerdem Absorptionslinien, die als Begleiter der Emissionen auftraten. Sie erschienen aber als Folge der Expansion der vom Stern ausgestoßenen äußersten Schichten etwas nach der blauen Seite hin verschoben. Aus dem Verschiebungsbetrag läßt sich die Expansionsgeschwindigkeit ableiten. Das ist an zwei Aufnahmen des Sternes geschehen. Verwendung fanden verschiedene Linien vom Wasserstoff, vom einfach ionisierten Titan, und zehn Linien vom einfach ionisierten Eisen. Das Resultat steht in überraschend guter Übereinstimmung mit dem an Spaltspektrographen erhaltenen.

Die zuletzt erwähnte Serie von Aufnahmen ist dem außerordentlich glücklichen Umstand zuzuschreiben gewesen, daß eine so helle Nova der Beobachtung zugänglich war. Mit solchen Ereignissen kann selbstverständlich nicht gerechnet werden. Aber selbst wenn man davon absieht, eröffnet die Spektrographie eine Vielzahl von interessanten Beobachtungsaufgaben und das Objektprisma stellt ganz bestimmt eine wertvolle Bereicherung der Möglichkeiten des photographisch tätigen Amateurastronomen dar.

Literatur:

[1] H. Kreusler, Die Sterne 5, 62 (1925). — [2] P. Ahnert, Beobachtungsobjekte für Liebhaber-astronomen, Leipzig 1961. — [3] W. Alt, Sterne und Weltraum 8, 93 (1969). — Darüber hinaus findet man Anleitung und wertvolle Anregungen bei P. Ahnert, Spektrographie mit Kleinbildkameras, Kalender für Sternfreunde 1968, Leipzig 1968; M. Beyer, Die Sterne 5, 44 (1925); H. J. Gramatzki, Hilfsbuch der astronomischen Photographie, Berlin und Bonn 1930.

Telefotografie durch Kombinationen zweier Objektive

Bei der folgenden Betrachtung wird davon ausgegangen, daß eine Spiegelreflexkamera mit Normalobjektiv von 50 mm Brennweite und ein Teleobjektiv mittlerer Brennweite von etwa 180 mm Brennweite vorhanden sind. Der Effekt wird allerdings mit einem Weitwinkelobjektiv anstelle des Normalobjektives sehr wesentlich erhöht. Durch Kombination von zwei Objektiven und mit Hilfe handelsüblicher Zwischenrohre und -ringe lassen sich respektable Brennweiten erzielen.

Bekanntlich entsteht hinter jedem Objektiv in einer bestimmten Entfernung ein Luftbild, das durch ein zweites Objektiv mit Auszugsverlängerung entsprechend vergrößert auf dem Film abgebildet werden kann. Die Brennweite des gesamten Systems wird demnach sowohl durch die Brennweiten der verwendeten Objektive wie auch der Auszugsverlängerung bestimmt.

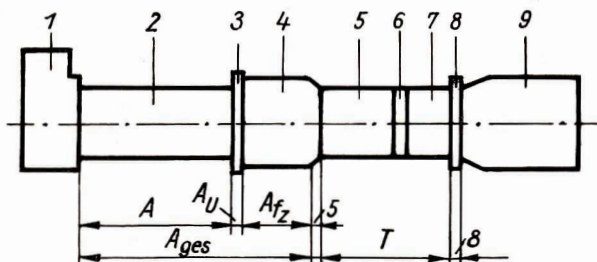


Abb. 1

- | | |
|--|--|
| 1 = Kameragehäuse | 6 = Zwischenring |
| 2 = Zwischenrohr | 7 = Zwischenring |
| 3 = Umkehrring | 8 = Spezialring mit Innengewinde
M 42 x 1 |
| 4 = Zwischenobjektiv | 9 = Frontobjektiv |
| 5 = Zwischenrohr | |
| f_{ges} = Gesamtbrennweite des Systems | |
| f_z = Brennweite des Zwischenobjektivs | |
| f_F = Brennweite des Frontobjektivs | |
| A_{ges} = Auszugsverlängerung | |
| A = Zwischenrohr | |

- A_U = Länge des Zwischenobjektivs
vor Filterfassung bis 5 mm
vor Auflagefläche
- A_{f_z} = Länge des Umkehringes

- T = Zwischentubus
- K = Kamerakonstante etwa 40 mm
(Praktica FX 2 = 41 mm)

$$(1) \quad f_{ges} = \frac{f_F}{f_z} \cdot A_{ges}$$

$$(2) \quad A_{ges} = A + A_U + A_{f_z}$$

$$(3) \quad T = \frac{f_z^2}{A_{ges}} + f_z + K$$

Zur Verbesserung der Bildschärfe wird das Zwischenobjektiv (4) mit der Frontlinse zur Kamera eingesetzt; ein Kniff, der aus der Makrofotografie allgemein bekannt ist. Dazu wird ein handelsüblicher Umkehrring (3) benötigt. Er trägt auf der einen Seite ein Außengewinde, das in die Filterfassung des Objektivs paßt und auf der anderen Seite ein Außengewinde, das dem Einschraubgewinde des Objektivs gleich ist.

Durch die Umkehr des Zwischenobjektivs wird die Auszugslänge vergrößert. Die zusätzliche Auszugsverlängerung wird von der Filterfassung des Objektivs bis

5 mm vor der Auflagefläche gemessen. Auch die Länge des Umkehringes (3) von 3 mm geht in die Auszugsverlängerung ein.

Das Teleobjektiv wird als Frontobjektiv (9) mit Hilfe eines Zwischenrohres (5) und den Zwischenringen (6, 7) vor das Zwischenobjekt (4) gesetzt. Dazu ist ein Spezialzwischenring (8) erforderlich, — der einzige (noch) nicht handelsübliche Teil — den man sich anfertigen lassen muß. Er trägt ein durchgehendes Innengewinde (bei der Praktica, Pentacon und Contax M 42 $\times$ 1) und soll nur so lang sein, daß zwei Teile mit Außengewinde verbunden werden können, also etwa 8 mm.

Die unter Abb. 1 angegebenen Formeln ermöglichen es uns, die erforderlichen Berechnungen vorzunehmen.

- Die zu erzielende Gesamtbrennweite des Systems in Abhängigkeit der vorhandenen Objektive, Zwischenrohre und -ringe kann mit Hilfe der Formel (1)
- die erforderliche Länge des Zwischenrohres (A) für eine gewünschte Gesamtbrennweite in Abhängigkeit der Baulänge des Zwischenobjektivs kann mit Hilfe der Formel (2)
- der erforderliche Abstand zwischen Front- und Zwischenobjektiv in Abhängigkeit der Baulänge des eingesetzten Zwischenobjektivs und der gewählten Länge (A) kann mit Hilfe der Formel (3)

ermittelt werden.

Die Länge (T) ist etwas kleiner zu wählen, da die Scharfeinstellung ohnehin mit dem Frontobjektiv erfolgt, während das Zwischenobjektiv stets auf ∞ eingestellt bleibt.

Beispiel: Zum Einsatz kommen die Objektive:

Zwischenobjektiv $f = 35$ mm; Frontobjektiv $f = 135$ mm; Baulänge = 47,5 mm;
Zwischenrohre und -ringe = 233 mm.

$$f_{\text{ges}} = \frac{135}{35} \cdot 278,5 = 1070 \text{ mm} \quad (1)$$

$$A_{\text{ges}} = (47,5 - 5) \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 233 \text{ mm} = 278,5 \text{ mm} \quad (2)$$

$$T = \frac{35^2}{278,5} + 35 + 41 = 80 \text{ mm} \quad (3)$$

Hieraus ergibt sich eine Vergrößerung v von:

$$v = \frac{f_{\text{ges}}}{f_{50\text{mm}}} = \frac{1070 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 21,4\text{-fach}$$

In der folgenden Tabelle sind für die Verwendung von 1–5 Zwischenrohren (1:1) je 50 mm und die gebräuchlichsten Objektive zwischen 35 und 180 mm Brennweite die zu erzielenden Gesamtbrennweiten des Systems, sowie das Maß T ermittelt (Baulänge für $f_{50\text{mm}} = 36,5$ mm, $f_{35\text{mm}} = 47,5$ mm).

Bei Verwendung von Zwischenobjektiven anderer Baulänge ergeben sich gewisse Abweichungen.

Trotzdem ermöglicht die Tabelle die zu treffende Wahl und zeigt anschaulich den erzielten Effekt, der bei Einsatz eines Weitwinkelobjektivs als Zwischenobjektiv um fast 50 % höher liegt.

Aus der Arbeit mit Zwischenringen ist bekannt, daß die Belichtungszeit verlängert werden muß, so daß beim normalen Fotografieren am besten lichtstarke Objektive eingesetzt werden sollten. Für die Fotografie von Sonne und Mond spielt

Tabelle

	A_{ges}		T		f_{ges} für f_Z/f_R						
A f_Z	50	50	35	35	35/50	50/105	35/105	50/135	35/135	50/180	35/180
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
50	84	121	95	89	136	176	285	227	366	302	488
100	134	110	145	84	207	281	435	362	560	482	747
150	184	105	195	82	279	386	585	497	752	662	1003
200	234	102	245	81	350	491	735	632	945	842	1260
250	284	100	295	80	422	596	885	767	1138	1022	1518
	für $f_Z =$ 50 mm		für $f_Z =$ 35 mm								

das keine so große Rolle. Da die Lichtstärke des gesamten Systems stark zurückgeht, kann als Orientierungswert dienen, daß sie bei $f_{ges} = 200$ mm um etwa 4 Blendenstufen und bei $f_{ges} = 1000$ mm etwa 6 Blendenstufen zurückgeht.

Steht eine Praktica-mat oder Pentacon-super wegen der „Innenmessung“ zur Verfügung, lassen sich die Verlängerungsfaktoren für die einzelnen Kombinationen durch Vergleich mit einem Normalobjektiv hinreichend genau durch die „Innenmessung“ ermitteln. Es empfiehlt sich trotzdem, vor allem wenn mit Color-Film gearbeitet wird, die erforderliche Verlängerung der Belichtungszeit durch Testaufnahmen für die jeweilige Kombination des Systems zu ermitteln.

Die Arbeit mit extrem langen Brennweiten ist Übungssache. Voraussetzung für gute Schärfe der Bilder ist ein stabiles Stativ auf erschütterungsfreiem Untergrund.

K. NEWIAK

Amateure beobachten und berichten

Das Erdbeben vom 22. Januar 1970

Am Donnerstag, dem 22. Januar 1970, kam es im Raum Baden-Württemberg zu einem der schwersten Beben der letzten Jahrzehnte. Sein Zentrum mit der Stärke 8 – nach der 12-teiligen Sieberg-Skala – befand sich in Onstmettingen und Tailfingen auf der Zollernalb am Rande des Zollerngrabens. Dieser Grabenbruch gehört mit zu den erdbebenreichsten Gebieten Europas. Am schwersten mitgenommen wurde die Burg Hohenzollern selbst, wo Schäden in Höhe von 200 000 WM entstanden. Aber auch in vielen benachbarten Orten stürzten Mauern ein, schwankten Türme bis zu 2 m hin und her und fielen Dachziegel auf die Straße, wo sie parkende Autos beschädigten. Fensterscheiben platzten, Schornsteine fielen ein, und in einigen Betrieben und Warenhäusern versagten die Beleuchtungen, so daß stellenweise eine panikartige Stimmung entstand.

Dieses Erdbeben konnte kurz danach – gegen 16 Uhr 26 – auch in der Deutschen Demokratischen Republik noch verspürt werden. Die Seismographen und Seismometer des Geodynamischen Instituts Jena, die seit etlichen Jahren 25 km südlich Jena bei Moxa in einer verkehrseerschütterungsfreien Zone aufgestellt sind, registrierten das Beben nach Stärke, Richtung, Zeit und Entfernung gewissenhaft. Von Anfang an war klar, daß es sich um ein tektonisches Beben im genannten Raum gehandelt hat.

Das Geodynamische Institut bekam sowohl aus Thüringen wie aus Sachsen (z. B. den Bezirken Erfurt und Dresden) Meldungen, daß das Beben bemerkt worden sei. In Jena wurde der Berichterstatte, der im 1. Stock eines leichten Fachwerkbaues am Stadtrand arbeitete, durch eine starke Vibration (Zittern) des ganzen Zimmers von 10 bis 20 Sekunden Dauer überrascht, die er zunächst für eine bisher noch nicht erlebte schwere Verkehrseerschütterung hielt. Er stürzte zum Fenster, aber nirgends war zu seiner Verwunderung das Geräusch eines Kraftfahrzeuges zu hören. Ein Arbeitskollege, der am anderen Ende des Gebäudes sich in einem lebhaften Gespräch befand, registrierte diese ungewöhnliche Erschütterung ebenfalls, während die anderen Gesprächsteilnehmer, nachträglich befragt, nichts bemerkt hatten.

Zwei Frauen, die mitten im Zeisswerk im 4. Stock am Schreibtisch arbeiteten, konnten für 10 bis 20 Sekunden nicht schreiben, weil der Schreibtisch im langsamen Rhythmus hin- und herschwankte. Beide Damen hielten diese Erscheinung zunächst für Herz- bzw. Kreislaufstörungen, merkten sich aber die Uhrzeit, so daß die Identität mit dem Beben auf die Minute genau feststeht.

Im 9. Stockwerk eines Neubaus in Neulobeda ruhte zur gleichen Zeit eine junge Frau auf einer Couch. Als diese im langsamen Rhythmus zu schwanken begann, sprang sie entsetzt auf, weil sie glaubte, ihr würde schlecht. Da sah sie die Lampe schwanken und nahm an, daß es eine außergewöhnliche Gebäudeerschütterung sei.

Jena verzeichnete 1911 und 1913 heftige Erdbeben, die ebenfalls ihr Zentrum im südwestdeutschen Raum hatten. Damals stürzten, wie ältere Leute berichten, viele Ziegel und Schornsteine von den Dächern, und in vielen Wohnungen waren Möbelstücke von den Wänden weggerückt.

Für uns Sternfreunde sind die Erdbeben ein Hinweis, daß wir zwar die Oberfläche unseres Planeten recht genau kennen, von seinem inneren Aufbau aber noch verhältnismäßig wenig gesichert wissen. Bohrungen werden immer nur bis zu einer begrenzten Tiefe vordringen können. Am ehesten verspricht die weitere Entwicklung der Raumfahrt uns neue Erkenntnisse über die Entstehung und Entwicklung unseres Planetensystems zu bringen.

H. WOLF

Die Sonnenfleckentätigkeit im 4. Vierteljahr 1969

Refraktor: 50 mm
 R_m = Monatsmittelwert

Vergrößerung: 30fach
 n = Anzahl der Beobachtungen

Monat	R_m	n		R_m	n
Oktober	45,5	15	1. Vierteljahr	70,7	29
November	46,6	7	2. Vierteljahr	49,9	24
Dezember	66,4	5	3. Vierteljahr	52,6	53
			4. Vierteljahr	66,4	27
Jahresmittel 1968	65,2	163	Jahresmittel 1969	57,0	133

Die Zahlen für die Vierteljahrsmittel zeigen den unruhigen Gang nach dem letzten Maximum im Herbst 1968. Trotz dieser wechselvollen Entwicklung liegt der Durchschnittswert für 1969 schon niedriger als derjenige für 1968. Auch im letzten Vierteljahr wechselten Zeiten geringer Tätigkeit mit solchen vermehrter Gruppenbildung. Dies war der Fall vom 26. bis 27. Oktober, 4. bis 5. Dezember und 20. bis 27. Dezember. Besonders eindrucksvoll war das Bild vom 22. 11. Eine Gruppe mit 20 Einzelflecken war ein Höhepunkt in der Entwicklung großräumiger Gebilde, die zonale Erstreckung betrug rund 240 000 km, also 20 Erddurchmesser.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Aus der Literatur

Einfluß der Philosophie auf die Revolution in der Physik

Im April vorigen Jahres fand in Moskau eine Konferenz über philosophische Probleme der Physik statt, die der Vorbereitung des 100. Geburtstages Lenins gewidmet war. Gemeinsame Veranstalter dieser Konferenz waren das Institut für Philosophie, das Institut für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik der Akademie der Wissenschaften, die Unionsgesellschaft „Snanije“, das Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der RSFSR sowie die Physikalisch-Technische Hochschule Moskau.

Die Akademiemitglieder W. L. Ginsburg, B. M. Kedrow, A. N. Tichonow, E. M. Omeljanzowski und P. W. Kopnin sowie Professor O. M. Belozerkowski hielten interessante Vorträge, die zu einer lebhaften Diskussion führten. Im folgenden sollen einige Gedanken wiedergegeben werden, die von prinzipieller Bedeutung sind für die Lösung philosophischer Probleme der modernen Naturwissenschaft.

Die Revolution in der Astronomie

Anfang des 20. Jahrhunderts hob Lenin hervor, daß eines der Merkmale der Revolution in der Physik die Entdeckung neuer Forschungsobjekte und die Verwandlung der Methoden der Naturerkenntnisse sei. Heute kommt dieser Prozeß am klarsten in der Astronomie zum Ausdruck. In seinem Vortrag „Fortschritte der modernen Astrophysik“ wies W. L. Ginsburg darauf hin, daß im letzten Jahrzehnt keine Wissenschaft, was die Zahl der fundamentalen Entdeckungen und der „Sensationen“ im guten Sinne dieses Wortes anlangt, mit der Astronomie konkurrieren könne. In dieser Zeit wurden die Röntgensterne, die Pulsare (und zusammen mit ihnen im Grunde die Neutronensterne) und die Quasare als Gebilde mit Übermasse entdeckt; man wies ferner eine Wärmereликтstrahlung nach, die vor rund zehn Milliarden Jahren entstanden ist, und erhielt damit Informationen über den Zustand des Weltalls in jener weit zurückliegenden Zeit.

Die erste Revolution in der Astronomie stand im Zusammenhang mit der Anwendung neuer Forschungsinstrumente. 1610 baute Galilei das erste Teleskop, mit dem er vier Jupitermonde, die Milchstraße und die Sonnenflecken entdeckte. Heute erleben wir die zweite Etappe in der Entwicklung der Forschungsmittel und -methoden. Ginsburg nannte sechs Kanäle, durch die wir in der modernen Astrophysik Informationen über kosmische Objekte empfangen.

Erstens ermöglichten die künstlichen Erdsatelliten, Ultraviolettstrahlen zu empfangen, die von der Atmosphäre absorbiert werden und daher nicht bis zur Erdoberfläche gelangen.

Der zweite Kanal sind die Röntgen- und Gammastrahlen, die gleichfalls im wesentlichen von künstlichen Satelliten empfangen werden.

Der dritte Kanal sind die kosmischen Strahlen und die zu ihnen gehörenden Kerne, Elektronen und Positronen, die auf der Erde mit Hilfe einer Spezialapparatur registriert werden können.

Als vierten Kanal nannte Ginsburg die direkten Methoden: das Fotografieren von Himmelskörpern, beispielsweise des Mondes, die Landung auf dem Mond und die Entnahme von Bodenproben sowie die Aufstellung astronomischer Geräte im Kosmos.

Den fünften Kanal bietet die Neutrino-Astronomie, zum Beispiel die Registrierung der Sonnen-Neutrinos als Elementarteilchen, die es uns ermöglichen, ins Innere der Sonne zu „blicken“.

Der sechste Kanal, den wir allerdings noch nicht zu benutzen verstehen, ist die Gravitation. Für uns ist zwar die Schwerkraft sehr spürbar, aber im Weltall sind die Gravitationskräfte sehr schwach, denn die Menge der Gravitationsmassen ist im Kosmos äußerst gering, wenn man seine riesigen Ausmaße berücksichtigt.

Diese neuen Mittel der Informationsgewinnung bedeuten nach Ansicht Ginsburgs eine qualitative Verwandlung der Astronomie, die nun nicht mehr im optischen, sondern in allen Wellenbereichen arbeitet, was eines der wichtigsten Merkmale der Revolution in der Astronomie ist.

W. W. Kasjutinski stellte in seinem Beitrag fest, daß nichtstationäre Objekte, die Evolution der kosmischen Materie und der Sterne, kosmische Explosionen, die Bildung neuer Galaxien, also Prozesse einer qualitativen Veränderung im Weltall, immer mehr zum Gegenstand der modernen Astronomie werden.

Das zweite fundamentale Ergebnis der Revolution in der Astronomie ist die verstärkte Verbindung der Astrophysik mit der Theorie der Elementarteilchen und mit der relativistischen Kosmologie, die Tendenz zur Synthese der Wissenschaft von der Natur. Diese Synthese ist

begleitet von einer Umgestaltung der Mittel und Methoden, mit denen die wissenschaftlichen Informationen verarbeitet werden. Das wirft neue philosophische Probleme auf, die mit der veränderten Rolle der Mathematik in der modernen Naturwissenschaft verbunden sind.

Mathematisierung der Physik

Eine Besonderheit der Mathematisierung der modernen Naturwissenschaft besteht in ihrer engen Verbindung mit der Kybernetisierung des Erkenntnisprozesses. Darüber sprach A. N. Tichonow, der dabei der Rechenmathematik besondere Aufmerksamkeit schenkte.

Auf keinem Gebiet der menschlichen Tätigkeit hat sich die Arbeitsproduktivität so stark erhöht wie beim Rechnen. Durch die EDV-Anlagen fließt ein ungeheurer Strom von Rechenoperationen, dessen Größenordnung bei täglich 100 000 pro Kopf der Erdbevölkerung liegt. Um EDV-Anlagen mit ihrer vollen Leistung einsetzen zu können, ist es notwendig, daß sich die Aufmerksamkeit der Mathematiker auf die Schlüsselprobleme konzentriert, auf die Klassifizierung und Beurteilung der mathematischen Modelle selbst und auf die Aufgabenstellung, das heißt auf die Schaffung allgemeiner Algorithmen, die die Lösung von Einzelaufgaben ermöglichen, ohne daß man jeder von ihnen spezielle Aufmerksamkeit schenkt. Allzu universelle Modelle wären jedoch sehr kompliziert, und ihre Anwendung auf Einzelaufgaben würde ineffektiv werden. So entsteht das Problem der Wahl des optimalen Modells, das hinreichend universell, gleichzeitig aber auch einfach genug und damit bequem anwendbar ist. In einem komplizierten Modell entstehen viele unbestimmte Elemente, die keinen wesentlichen Einfluß auf das Endergebnis der Aufgabe haben. Die Maschine muß diese Elemente beurteilen können, obwohl sie bisweilen für ihr Programm bedeutungslos sind.

Zur Zeit geht eine Kybernetisierung der Physik vor sich. Physikalische Experimente sind stark automatisiert. Einzelne Beobachtungen dauern hundertstel oder auch nur millionstel Sekunden. Diese einzelnen Akte werden mit Hilfe der elektronischen Technik fixiert, und wir erhalten ein sehr umfangreiches empirisches Material, das jedoch unnütz bleibt, falls nicht Systeme für seine automatische Verarbeitung entwickelt werden. Solche Systeme müssen zu einem Teil der Versuchsanlagen werden. Die volle Automatisierung der Verarbeitung von Beobachtungen wird die Produktivität der Experimente beträchtlich erhöhen und den Wissenschaftler von rein technischer Arbeit befreien, die die EDV-Anlage mit einer für den Menschen unerreichbaren Geschwindigkeit und Genauigkeit ausführt.

Das Ziel der wissenschaftlichen Erkenntnis besteht nicht nur im Begreifen der Naturerscheinungen, sondern auch in ihrer Steuerung. Hierbei hat, wie A. N. Tichonow hervorhob, das Modellieren erstrangige Bedeutung. Wenn man die am Modell zu beobachtenden Eigenschaften kennt, kann man den Prozeß, der untersucht werden soll, quantitativ charakterisieren. In allgemeinen Zügen hat diese Aufgabe eine sehr einfache Form:

$$(A \cdot X - Y) \leq \delta;$$

darin ist A ein Operator, Y sind die gemittelten Beobachtungswerte und X die Kennwerte des Modells. Die Aufgabe besteht darin, A richtig zu wählen und δ minimal zu machen.

Die Möglichkeit, Aufgaben dieses Typs ohne unmittelbare Beteiligung des Menschen zu lösen, ist eine Besonderheit der heutigen wissenschaftlich-technischen Revolution. Damit verändert sich erheblich die Tätigkeit des Rechenmathematikers und gewinnt ein höheres theoretisches Niveau. Die Mathematisierung der Wissenschaft ist demnach eine tiefgreifende strukturelle Umgestaltung des Wissens, die die Grundlagen der wissenschaftlichen Weltanschauung berührt. Sie ist begleitet von der Entstehung schwieriger philosophischer Probleme: Der Charakter der Praxis als Kriterium der Wahrheit ändert sich, das Denken wird wesentlich aktiver, es erscheinen neue Formen der Integration der Wissenschaft, und es ergeben sich neue Möglichkeiten der Axiomatisierung der Kenntnisse.

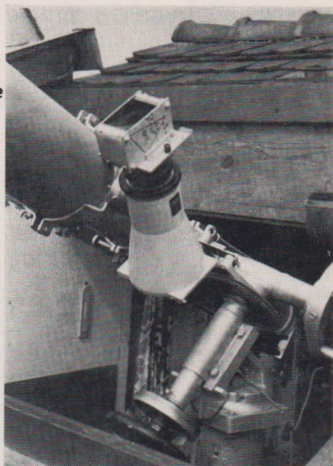
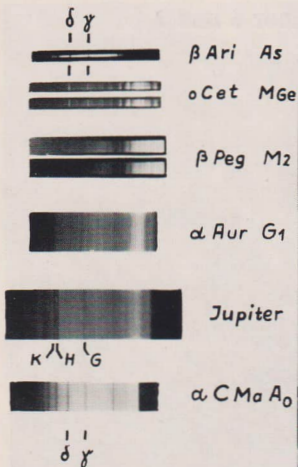
Starken Einfluß auf die Umgestaltung des modernen Systems der physikalisch-mathematischen Wissenschaften hat die Erschließung des Weltraums. Diesen Aspekt der Revolution in der heutigen Naturwissenschaft behandelte O. M. Belozerkowski in seinem Vortrag. Die Wissenschaft gewinnt in unserer Zeit immer mehr kosmischen Charakter, der Einfluß des Geozentrismus wird überwunden, die akademische und die Ingenieur-technische Bildung nähern sich einander an. In diesem Zusammenhang befaßte sich Belozerkowski mit dem Problem der logischen Verbindung zwischen den Wissenschaften; diese Verbindungen sind gründlicher zu untersuchen und in Zeiträumen, die für die Hochschule annehmbar sind.

Die theoretische Bedeutung der philosophischen Probleme in der Physik und Mathematik aufzudecken und das philosophische Erbe Lenins unter Hinzuziehung der neuesten Erkenntnisse der Naturwissenschaft zu deuten, war die Haupttendenz der gesamten Konferenz.

Analyse des wissenschaftlichen Denkens

Wie Lenin in seinem Buch „Materialismus und Empiriokritizismus“ gezeigt hat, läuft die Revolution in der Physik nicht nur auf die Entdeckung neuer physikalischer Objekte und auf

Fortsetzung 3. Umschlagseite



Zum Beitrag Spektrographische Aufnahmen S. 1

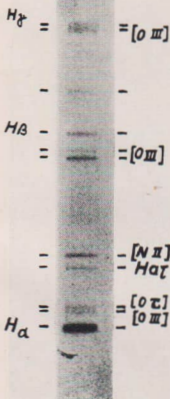
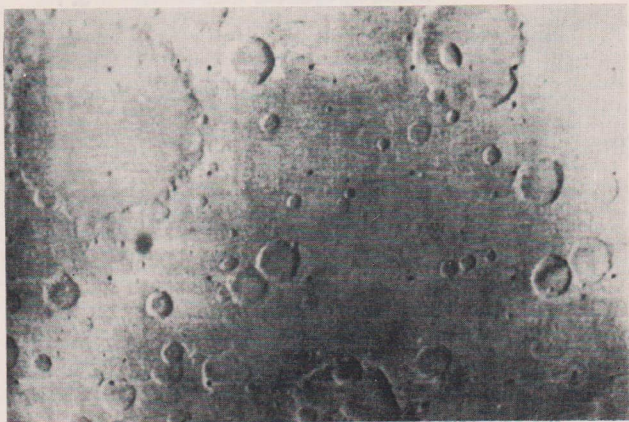
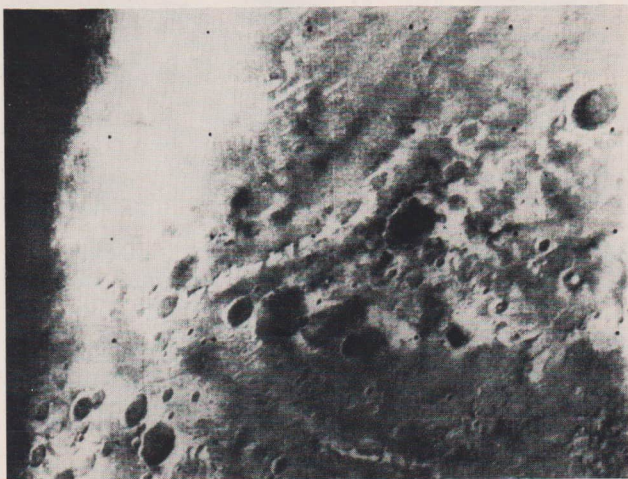


Abb. 2, oben rechts: Amateur-Astrokamera (VEB Carl Zeiss Jena) mit Objektivprisma.

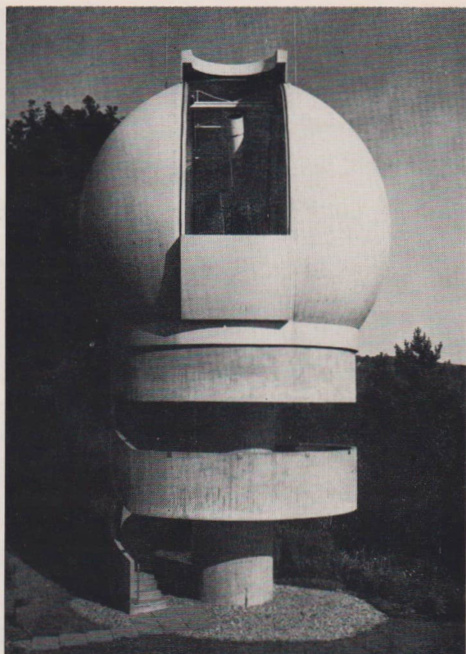
Abb. 4, oben links: verschiedene Spektren. Aufgenommen mit Amateur-Astrokamera (VEB Carl Zeiss Jena) mit Tessar 56/250 und Objektivprisma aus FS 16 (brechender Winkel 30°).

Abb. 6, unten links: Spektrum der Nova Del. Aufnahme 1968, September 16, mit Amateur-Astrokamera (VEB Carl Zeiss Jena) mit Tessar 56/250 und Objektivprisma aus BK 7 (brechender Winkel 45°). Belichtungszeit 30 Minuten.

Mars-Aufnahmen durch Mariner 6 und 7







Die Ardenne-Sternwarte in Dresden

Eine eigenartige, mit einer Kugelkuppel versehene Sternwarte grüßt seit 1966 von den Hängen des Elbtals die Besucher der südlichen Vororte Dresdens. Der Bau wurde für Prof. Dr. Manfred von Ardenne errichtet; er befindet sich in Dresden, Weißer Hirsch, Zeppelinstraße 7. Die Kuppel beherbergt einen 250 mm-Refraktor vom VEB Carl Zeiss Jena, dem mehrere Zusatzgeräte aufmontiert sind. Das Instrument wurde qualifizierten Beobachtern der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes in Dresden (H.-J. Blasberg, Ursula und Siegfried Seliger) zur Verfügung gestellt.

J. Classen

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 Pfafe

Lenins sozialistischer Staat als Förderer der Raumfahrt

HERBERT PFAFFE und HORST HOFFMANN

12 $\frac{1}{2}$ Jahre sind seit dem Start des ersten Sputnik vergangen. Eine gewaltige, noch vor wenigen Jahren nicht erwartete Entwicklung hat sich auf dem Gebiete der Raumfahrt gezeigt. Die ersten Menschen sind auf dem Mond gelandet, und die Sowjetunion hat mit einem ihrer jüngsten Raumfahrtexperimente entscheidende Voraussetzungen für den Aufbau einer großen Weltraumstation geschaffen. Der Nutzen der Raumfahrt wird in der Industrie, in der Nachrichtentechnik und in letzter Zeit auch in der Land- und Forstwirtschaft immer sichtbarer, ganz zu schweigen davon, daß sich die Grundlagenforschung in den letzten Jahren durch den Einfluß der Raumfahrtforschung stürmisch entwickelt hat, und daß sich die Zeiträume zwischen den neuen Entdeckungen und ihren Anwendungen in bestimmten Zweigen der Wissenschaft und der Wirtschaft immer mehr verkürzen.

Die fundamentale theoretische Grundlage aller dieser Forschungen für die Entwicklung der Raketentechnik, bilden noch heute die Arbeiten Konstantin Eduardowitsch Ziolkowskis, der von 1857 bis 1935 lebte. Es ist bestimmt ein Zufall, daß Ziolkowski 1857 in Rußland geboren wurde, es ist jedoch kein Zufall, daß in der Sowjetunion, in dem von Lenin gegründeten ersten Arbeiter-und-Bauern-Staat, das Erbe dieses großen Gelehrten gepflegt und schöpferisch weiter entwickelt wurde.

1927 wurde in der UdSSR die „Ossoaviachim“, die Gesellschaft zur Förderung der Verteidigung, des Flugwesens und der Chemie, gegründet. Dieser Verband half wesentlich bei der Verbreitung von theoretischen Kenntnissen über die Grundlagen der Astronautik und Raketentechnik und leistete auch wesentliche Vorarbeiten zur Erforschung der Stratosphäre. Schnell wurde er zu einem Sammelpunkt der Schüler Ziolkowskis. Noch früher hatte in der Sowjetunion die rein theoretische Vermitt-

lung von Kenntnissen auf dem Gebiete der Astronautik begonnen. Im Jahre 1924 wurde in Moskau die „Gesellschaft zur Erforschung der interplanetaren Verbindungen“ gegründet. Im Herbst 1928 eröffnete in Moskau die erste internationale Ausstellung für Raumfahrt ihre Pforten. Der Leningrader Professor N. A. Rynin gab zu dieser Zeit bereits ein neunbändiges Sammelwerk über Raumfahrt heraus. Das führte dazu, daß sich in der Sowjetunion immer mehr Menschen mit den Problemen der Astronautik und Raketentechnik beschäftigten. Im Jahre 1931 entstanden in der Sowjetunion, vornehmlich in Moskau, aber auch in anderen großen Städten die „Gruppen zum Studium der Reaktivbewegung“ (GIRD). Die größten bestanden in Moskau (MOSGIRD) und in Leningrad (LENGIRD). Sie zählten hunderte von Mitgliedern. Zu ihrem Programm gehörten:

Öffentliche allgemeinverständliche Vorträge von Spezialisten über die neuesten Leistungen auf raketentechnischem Gebiet.

Seminare, verbunden mit praktischen Arbeiten und Versuchen, in zwei Schwierigkeitsstufen, u. a. Vorlesungen über folgende Themenkreise: Theorie der Rückstoßbewegung, Verbrennungsprozesse bei Raketen, Gasströmung aus Düsen, Raketentreibstoffe, Wärmeberechnungen für Raketen, Treibstoffförderung, Stabilisierungsfragen.

Systematische Kurse für die Hörer der höheren technischen Lehranstalten.

Veröffentlichung populär- und fachwissenschaftlicher Abhandlungen über Raketentechnik und Astronautik.

Bau einfacher Pulverraketen, Ausführung von Modellversuchen.

Verwendung von Raketen als Flugzeug-Starthilfen.

Verwendung von Raketen für die wissenschaftliche Untersuchung und Erforschung der Atmosphäre.

Entwicklung und Bau von Flüssigkeitsraketen.

Auf dieser Basis wurden die großen Erfolge der sowjetischen Astronautik und Raketentechnik vorbereitet. K. E. Ziolkowski, den man „Vater der Raketentechnik“ nennt, konnte die Verwirklichung seiner Theorie noch miterleben. Im Alter von 76 Jahren war er Zeuge des ersten gelungenen Raketenstarts in der Sowjetunion. Doch lassen wir zu dem bisher Gesagten einiges aus seinem Leben und ihn selber sprechen.

Sein Vater, Eduard Ignatjewitsch, war Förster, seine Mutter, Maria Iwanowna, stammte aus einer Handwerkerfamilie. Drei Gedanken beschäftigten Ziolkowski sein ganzes Leben lang: Luftschiff, Flugzeug und Rakete. Ziolkowski hatte mit seinem ersten Windkanal auf dem Dache seines Hauses in Kaluga herausgefunden, daß die Stromlinienform für den Flug in der Atmosphäre die aerodynamisch günstigste Form ist. Für seine Versuche benötigte er Geld. Eine Spezialmaschine mit einem Gebläse mußte gebaut werden. Das Wirtschaftsgeld der großen Familie war durch seine Experimente bereits bis auf das Äußerste beschnitten. Er erinnerte sich der Russischen Physikalischen Gesellschaft, die ihm schon einmal mit einer kleineren Unterstützung ausgeholfen hatte. Er beantragte 200 Rubel, aber die Kommission, welche die Gelder vergab, lehnte ab. Der Windkanal wurde trotzdem gebaut. Aus den Mitteln des kleinen Lehrergehalts, das Ziolkowski bezog, mußte der Aufwand bestritten werden.

Die größten theoretischen Leistungen vollbrachte Ziolkowski auf dem Gebiete der Raketentechnik. Ausgangspunkt für seine diesbezüglichen Arbeiten war seine Verwunderung darüber, daß noch nie jemand Newtons Erkenntnis von der gegenseitigen Kraftwirkung auf die Raketenbewegung angewandt hatte. Bis dahin hatten sich schon viele mit dem Bau von Raketen beschäftigt. Ihre Erfahrungen führten

auch zu einer Verbesserung der Flugleistungen. Jetzt aber wollte es nicht mehr weitergehen. Fortschritte der Rakete waren nur noch möglich, wenn man dazu eine wissenschaftliche Grundlage schuf. Die Rakete verlangte eine eigene Theorie.

Nach dem, was der bedeutende englische Gelehrte Isaac Newton festgestellt hatte, war klar, daß Raketen sich auch im luftleeren Raum fortbewegen können. Die Kraft der ausströmenden Gase bewirkt als Gegenkraft einen Schub in die entgegengesetzte Richtung. Ziolkowski fand die Theorie der Rakete und schuf ihr Kernstück: die Ziolkowskische Gleichung. Auf einen einfachen Nenner gebracht besagt sie: je größer das Massenverhältnis ist, um so höher ist auch die Leistungsfähigkeit der Rakete. Zum Beispiel kann eine Rakete bei 10 Tonnen Startgewicht und 2,5 Tonnen Leergewicht 7,5 Tonnen Treibstoff enthalten. Ihr Massenverhältnis (Startgewicht zu Leergewicht) beträgt 4. Soll nun bei gleicher Ausströmgeschwindigkeit der Teilchen des Gasstrahls aus der Düse die Endgeschwindigkeit verdoppelt werden, so müßte das Massenverhältnis auf 16 steigen. Eine Rakete mit diesem Massenverhältnis würde zu 93,75 % aus Treibstoff bestehen. Um zu zeigen, wie schwer es ist, ein solches Massenverhältnis zu erreichen, wird oft ein Vergleich mit der Natur herbeigeführt. Ein Hühnerei besteht zu 90 % aus Füllung und zu 10 % aus Schale. Entspricht also einer Rakete mit einem Massenverhältnis von 10. Eine Rakete aber besteht nicht nur aus Wandung und Treibstoff, sondern enthält außerdem das Triebwerk, die Steueranlagen, die Nutzlast und vieles andere mehr. Das A und O der weiteren Entwicklung der Rakete waren also leichtere Bauteile und energiereichere Treibstoffe. Es gab nicht wenige Zweifler zur damaligen Zeit, und es gab kaum einen, der sein Geld für die vermeintlichen Hirngespinnste Ziolkowskis ausgeben wollte. Dennoch wurden die Schwierigkeiten gemeistert. Wir verdanken diese Tatsache nicht nur Ziolkowski, seinen z. T. genialen Schülern und Mitarbeitern, sondern vor allem auch dem ersten sozialistischen Staat. Doch lassen wir dazu Ziolkowski selber sprechen.

Die letzten Jahre vor der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution waren nach seinem eigenen Urteil die dunkelsten seines Lebens. 40 Jahre hatte er unermüdlich gearbeitet, seine geistige und körperliche Kraft in unzähligen schlaflosen Nächten eingesetzt. Jeden Rubel, den seine Familie entbehren konnte, gab er für seine Forschungsarbeit aus. Der Ruf eines Sonderlings und die Anerkennung nur sehr weniger Freunde und Gelehrter waren das Ergebnis.

Zu dieser Zeit hatte die Welt Ziolkowski drei gigantische Leistungen zu verdanken. Er schuf die Theorie von der Raketenbewegung, er erfand die Flüssigkeitsrakete, und er entwarf das erste Raumschiff. Das Jahr 1917 fand ihn im 60. Lebensjahr. Anläßlich der Revolution erfüllte ihn neue Hoffnung. Er sagt selber dazu: „Menschen, die wie Himmelsstürmer das gesamte Leben der Gesellschaft umzugestalten beginnen, müssen auch meine Pläne verstehen.“ Er hatte mit seinen Freunden und Verwandten die Revolution begeistert begrüßt. Seine Hoffnungen erfüllten sich. Nach der Revolution wurden erstmals seine großen wissenschaftlichen Verdienste gewürdigt, seine Arbeiten großzügig unterstützt und seine Werke, die früher im Selbstverlag oder mit Hilfe von Gönnern gedruckt wurden, erschienen im sowjetischen Staatsverlag. In 40 Jahren der Zarenzeit schrieb K. E. Ziolkowski 130 Arbeiten, von denen er 50 veröffentlichen konnte, 80 blieben als Manuskripte liegen. In den 18 Jahren der Sowjetmacht, die er miterlebte, schrieb er 450 Arbeiten. Der sowjetische Gelehrte J. Rjabtschikow berichtete dazu: „In dem schweren Hungerjahr, als der Bürgerkrieg tobte, als es an allem mangelte, an Brot, an Holz, an Medikamenten und an Papier, klopfte jemand bei Ziolkowski an. Er öffnete und sah Soldaten und Arbeiter in Mänteln und Jacken vor sich. Die unerwarteten Gäste standen, nachdem sie ihre Mützen gezogen hatten, an der Tür und verneigten sich. Und dann trugen die schwieligen Hände der Arbeiter und Soldaten jene Manuskripte in die Druckerei, die vor der Revolution nicht das Licht der Welt erblicken konnten. Sie gaben auch jene Arbeiten heraus, die Ziolkowski vor der

Revolution mit seinen eigenen beschränkten Mitteln hatte drucken lassen. Und später saßen die Menschen in Soldatenmänteln und Arbeiterkitteln, ohne sich von ihren Gewehren zu trennen, im kalten Saal und lauschten begierig den Lektionen des „Träumers von Kaluga“.

Ziolkowski wurde im Jahre 1919 zum Mitglied der Sozialistischen Akademie gewählt. 1920 veröffentlichte er sein Buch „Reichtum des Weltalls“. Krankheit zwang ihn, im folgenden Jahr um Entlassung aus dem Schuldienst zu bitten. Er schrieb: „Das Alter, meine chronische Bronchitis, ein Magenleiden, Taubheit und allgemeine Schwäche zwingen mich, meinen Lehrer-Beruf aufzugeben. Ich bitte deshalb, mich vom 1. November 1921 an meiner Dienstverpflichtung zu entheben.“ Dieser Bitte wurde stattgegeben, und am 9. November 1921 beschloß der Rat der Volkskommissare unter Vorsitz von Lenin, an Ziolkowski angesichts der besonderen Verdienste des Gelehrten, Erfinders und Forschers auf dem Gebiete des Flugwesens eine lebenslängliche Pension zu zahlen.

Als am 1. Mai 1933 während der Maidemonstration eine große Menschenmenge über den Roten Platz in Moskau zog, erklang im Radio eine unbekannte Stimme: „Ich grüße meine Hörer! Vor mir sehe ich im Geiste den Roten Platz mit den marschierenden Kolonnen. Und über ihnen kreisen hunderte von stählernen Vögeln am Himmel. Durch den Fleiß und die Arbeit aller Werktätigen konnte ein kühner Traum der Menschheit, die Eroberung des Reiches über den Wolken, verwirklicht werden. Jetzt bin ich sicher, daß auch mein anderer Traum, der Weltraumflug, den ich theoretisch begründete, Wirklichkeit wird. 40 Jahre arbeitete ich am Raketenprinzip und glaubte, man könne an einen Flug nach dem Mars erst in vielen hundert Jahren denken. Aber die Zeiträume schmelzen zusammen. Ich bin überzeugt, daß viele von euch den ersten Weltraumflug noch miterleben werden.“

Im Rundfunk wurde an diesem Tage die auf eine Platte aufgenommene Rede Ziolkowskis übertragen.

Ziolkowski arbeitete trotz seines hohen Alters und seiner vielen Krankheiten auch nach seiner Pensionierung unermüdlich an seinen theoretischen Arbeiten der Raketentechnik und Raumschiffahrt weiter. Er gehörte dem Fliegerklub von Kaluga an und hielt vor den zukünftigen Piloten Vorträge. Noch zwei Monate vor seinem Tode fuhr er in diesen Klub. Eine Woche vor seinem Tode, am 13. September 1935, schrieb Ziolkowski: „Mein ganzes Leben lang habe ich davon geträumt, durch meine Arbeit die Menschheit vorwärtszubringen – und sei es nur ein wenig. Vor der Revolution war mein Traum nicht zu verwirklichen... Erst der Oktober brachte den Werken des Autodidakten Anerkennung. Erst die Sowjetmacht und die Partei halfen mir wirksam. Die Liebe zu den Massen unseres Volkes gab mir die Kraft, meine Arbeit noch fortzusetzen, als ich schon krank war. Aber jetzt erlaubt mir mein Gesundheitszustand nicht mehr, das begonnene Werk zu vollenden. Alle meine Arbeiten über das Flugwesen, den Raketenflug und den interplanetaren Verkehr übergebe ich der Partei der Bolschewiki und der Sowjetmacht – den wahren Führern des Fortschritts der menschlichen Kultur. Ich bin sicher, daß sie dieses Werk erfolgreich zu Ende führen werden.“

Am Stadtrand Kalugas, unweit der Oka, zierte heute eine Tafel mit der Inschrift: „In diesem Hause lebte und arbeitete von 1904 bis 1933 der berühmte Wissenschaftler und Erfinder Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski“ ein kleines Haus. Das Grab des Gelehrten im Vorstadtpark von Kaluga, der heute Ziolkowski-Park heißt, schmückt ein Obelisk. Hinter dem Park erstreckt sich ein großes modernes Gebäude, das Ziolkowski-Museum, in dem die wichtigsten Zeugen der stürmischen Entwicklung, die die Raumfahrttechnik von den ersten theoretischen Arbeiten Ziolkowskis bis zur Gegenwart nahm, untergebracht sind. Die schönsten Denkmäler aber umkreisen die Erde. Es sind die vielen unbemannten und bemannten Raumflugkörper von den Kosmos-Satelliten über Interkosmos 2 bis zu den unmittelbaren Vorgän-

gern der Orbitalstationen, die mit immer wieder neuen Flügen und Ergebnissen offenbaren, daß die Hoffnungen und Wünsche Ziolkowskis nicht nur in Erfüllung gingen, sondern daß sie in einem Maße übertroffen wurden, wie wir es selbst beim Start des ersten Sputniks vor rund 12¹/₂ Jahren nicht erwarten konnten.

Eine große Rolle bei der Entwicklung der ersten sowjetischen Flüssigkeitsrakete spielten der sowjetische Ingenieur Zander und sein Kollektiv. Zander war einer der aktivsten Schüler Ziolkowskis. Bereits im Jahre 1920 gab Lenin dem Moskauer Ingenieur persönlich den Auftrag, einen Raketenantrieb zu projektieren. Die theoretischen und praktischen Vorarbeiten hierfür nahmen mehrere Jahre in Anspruch. Im Jahre 1930 gingen Zander und seine Mitarbeiter dazu über, praktische Arbeiten mit Flüssigkeitstriebwerken auszuführen. Das erste Triebwerk OR-1, mit Benzin und gasförmigem Sauerstoff betrieben, lieferte in diesem Jahr einen Schub von 5 kp. Bei dem zweiten Triebwerk, das unter Zander entwickelt wurde, dem OR-2, wurde flüssiger Sauerstoff als Oxydator verwendet. Der Schub betrug schon 50 kp. Viele Enthusiasten der Raumfahrt hatten sich in der Sowjetunion gefunden, die nach dem Tode dieses verdienstvollen Forschers seine Arbeit fortsetzten. Am 17. August 1933 startete die erste Flüssigkeitsrakete in der Sowjetunion. Diese rund 2,5 m lange Rakete erreichte mit 5 kg Nutzmasse eine Höhe von 4,5 km. Das Triebwerk lieferte einen Schub von 65 kp.

Schon 1935 wurde mit 12 km ein Höhenweltrekord für Raketen erreicht. Seit dem 5. April 1936 stiegen über 3 m lange Raketen auf, die in ihren Spitzen meteorologische Meßinstrumente trugen. Einer der engsten Freunde und Mitarbeiter Zanders, M. K. Tichonrawow, setzte das Werk Zanders, der am 28. März 1933 in Kislowodsk starb, fort. Er ist noch heute einer der bekanntesten Raumfahrtspezialisten der Erde.

Unter einem Dutzend begeisterter Menschen, die sich zu einer Gruppe zum Studium der Reaktivbewegung (GIRD) zusammengeschlossen hatten, befand sich der damals 25jährige Flugzeugingenieur Sergej Pawlowitsch Koroljow. Er wurde 1906 geboren und beeinflusste die moderne Entwicklung der Raketentechnik und Raumfahrt bis zu seinem Tode im Jahre 1966 maßgeblich. Er wurde zum Konstrukteur von 3 Generationen sowjetischer Raumschiffe. Nach mehrjährigem Fernstudium an der Technischen Hochschule hatte der in einer Moskauer Flugzeugfabrik arbeitende Ingenieur Koroljow sein Diplom mit Auszeichnung bestanden. Gleichzeitig beendete er einen Pilotenlehrgang und erhielt die Fluglizenz für mehrere Flugzeugtypen. Da er Konstrukteur und Flieger in einer Person war, wurde er bald der erwählte Kopf dieser kleinen Gruppe. Koroljow selbst war vor allem durch die Schriften Ziolkowskis und durch eine persönliche Begegnung mit dem Vater der Astronautik zu einem begeisterten Raketenpionier geworden. Eine bedeutende Leistung war die Konstruktion eines Flüssigkeitsraketenantriebes, das die Bezeichnung ORM-52 erhielt. Es lieferte einen Schub von 300 kp. Koroljow und sein engster Mitarbeiter Gluschkow haben es damals wohl kaum für möglich gehalten, daß sie nur 25 Jahre später Triebwerksysteme entwickeln würden, die über einen Schub von 650 bis 900 kp verfügen.

Bis 1940 bauten die GIRD-Kollektive mehr als hundert Raketenmotoren und zahlreiche Raketen Typen. Koroljow war maßgeblich an der Entwicklung vieler neuer Triebwerke und Flugkörper beteiligt. So konstruierte er den ersten sowjetischen Raketen Gleiter, in den er Gluschkos ORM-65 als Triebwerk einbaute. Am 20. Februar 1940 startete der Testpilot Fedorow zum erstenmal mit diesem RP-318-I genannten Raketenflugzeug.

Nach 1945 gehörte es zu den größten Verdiensten Koroljows, daß es ihm in sehr kurzer Zeit gelang, die durch den faschistischen Überfall jäh unterbrochene Raumfahrtforschung wieder aufzunehmen und schneller als je zuvor in ihrer Entwicklung voranzutreiben. Ihm ist es u. a. zu danken, daß die in der Sowjetunion rasch ent-

wickelte Standardrakete MR-1 schon 1949 zum Einsatz kam. Sie erreichte mit einer Nutzlast von 125 kp Höhen bis 110 km. Bei jedem dieser Raketenanstiege konnte die Nutzlastspitze sicher geborgen werden, was die Auswertung aller Meßergebnisse sicherstellte. Die Landegeschwindigkeiten lagen bereits bei diesen an Fallschirmen niedergehenden Nutzlastbehältern unter 5 m/s. Diese Landegeschwindigkeit wird auch heute noch bei den weichen Landungen von unbemannten und bemannten Raumflugkörpern auf dem sowjetischen Festland eingehalten. Das Sensationelle an diesem von Koroljow erreichten Wert war, daß man nunmehr, ebenfalls schon 1949, zu Tierexperimenten mit Raketen übergehen konnte. Daher wurden Hunde zu Höhenexperimenten eingesetzt. Es gab schon, wie auch bedeutend später bei den bemannten Wostok-Flügen, zwei Varianten: die Tiere landeten entweder mit dem gesamten Meßkopf in ihrer kleinen Kabine oder sie wurden in einem Raumanzug aus der Raketenspitze herauskatapultiert und schwebten in einem Fallschirm zur Erde hernieder. Schon im Jahre 1951 flogen Versuchshunde in ihren Kapseln bis zu 160 km hoch und landeten wohlbehalten auf der Erde. Diese Tiere waren damals schon kurzzeitig im Weltall und wurden zum Wegbereitern für den Flug des Menschen ins All. Die Leistungen der sowjetischen Raketen entwickelten sich sehr schnell. Im Mai 1957 stellte eine geophysikalische sowjetische Rakete einen neuen Weltrekord auf. Sie gelangte mit einer Nutzlast von 2,2 Mp bis zu einer Höhe von 212 km. Bald darauf konnten diese Höhenflüge bis auf 480 km gesteigert werden.

Das war etwa der Stand der sowjetischen Raketen- und Raumfahrtentwicklung vor dem Beginn des eigentlichen Zeitalters der aktiven Raumfahrt. Dies begann am 4. Oktober 1957 mit dem Start von Sputnik 1. Mit diesem welthistorischen Ereignis begann die zweite Etappe der Raumfahrtforschung, in der Raketen und Nutzlasten mit Tieren nicht nur kurzzeitig in das Weltall vorstießen, denn von nun an war es möglich, einen unbemannten Weltraumkörper längere Zeit um die Erde kreisen zu lassen.

Dieses Ereignis hatte nicht nur eine außerordentlich große wissenschaftliche und technische Bedeutung, sondern es war auch für die erkenntnistheoretische und weltanschauliche Entwicklung der Menschheit sehr wichtig. Zum erstenmal wurde bewiesen, daß unsere bis dahin nur theoretischen Erkenntnisse von den Bahnen der Himmelskörper und ihren Gesetzmäßigkeiten richtig waren. Denn von dem Zeitpunkt des ersten Sputniks an können wir diese Bahnen nicht nur vorher berechnen, sondern sie auch nachgestalten, indem wir die Raumflugkörper auf diesen Bahnen um die Erde, zum Mond oder zu den Planeten schicken. Gewaltige Kräfte wurden damals freigesetzt. Die Erzeugung großer Energien, welche die Starts und Flüge der Raketen und Raumflugkörper bewirken, war dazu notwendig. Mußte doch Sputnik 1, wenn er die Erde auf einer kreisähnlichen Bahn umrunden wollte, auf eine Geschwindigkeit von rund 8 km/s gebracht werden. Diese erste kosmonautische Geschwindigkeit entspricht rund 29 000 km/h.

Der zweite Sputnik hatte bereits einen Hund an Bord, mit dem erstmalig über längere Zeit biologische Experimente im Weltall ausgeführt wurden. Sputnik 3 war schon ein entwickeltes kleines kosmisches Laboratorium zur Untersuchung des Magnetfeldes der Erde, der kosmischen Strahlen und vieler anderer physikalischer Prozesse im Weltall.

Am 12. April 1961 startete Juri Gagarin zu seinem welthistorischen ersten bemannten Flug um die Erde. Durch dieses Experiment wurde bewiesen, daß der Mensch über ausreichend technische Mittel verfügt, um sich in den an und für sich lebensfeindlichen Bedingungen des Weltraumes zurecht zu finden und dort sogar zu arbeiten.

Auf dem Weg der Entwicklung des bemannten Raumfluges hat die Sowjetunion dank ihrer gesetzmäßig erfolgenden raschen gesellschaftspolitischen Entwicklung,

bei der die Wissenschaft eine immer größere Rolle spielte und schließlich zu einer entscheidenden Produktivkraft wurde, die wichtigsten Meilensteine gesetzt. Das zeigte sich besonders durch die beiden Gruppenflüge der Raumschiffe Wostok 3 und 4 sowie 5 und 6, durch den Flug der ersten Frau in den Weltraum (Valentina Tereschkowa), durch den ersten Ausstieg des Menschen in den Kosmos (Leonow) und durch den Start des ersten Drei-Mann-Raumschiffes Wosход 1. Im Januar 1969 erfolgte die Kopplung der bemannten Raumschiffe Sojus 4 und 5 zu einer ersten experimentellen Orbitalstation. Die bisherige Krönung fand die Entwicklung des bemannten sowjetischen Raumfluges mit der Landung der Raumschiffe Sojus 6 bis 8. Dieser Gruppen- und Formationsflug im All endete mit der gleichen Präzision, mit der er gestartet worden war. In Abständen von rund 24 Stunden stiegen die Sojus-Raumschiffe in den Kosmos auf. In etwa den gleichen Zeitabständen gingen sie mit nur geringen Entfernungsdifferenzen im Landegebiet bei Karaganda nieder. Ein historischer Flug, bei dem erstmalig 7 Kosmonauten in drei Raumschiffen zugleich ein umfangreiches wissenschaftliches Programm absolvierten. Was dieses Experiment so besonders bedeutungsvoll macht, ist, daß mit ihm die Brücke von der experimentellen zur großen Raumforschungsstation im irdischen Kosmos geschlagen wurde. Sieben kühne Kosmonauten handhabten die von hervorragenden sowjetischen Wissenschaftlern, Technikern, Ingenieuren und Facharbeitern geschaffene modernste Raumfahrttechnik mit dem Ziel, bei einem der nächsten Experimente jene große Station zu bauen, die vieles in der Raumfahrtforschung verbessern und auch Rückwirkungen auf das Leben der Menschen haben wird. Das Sojus-Dreigestirn erbrachte aber auch den bisher größten Nutzen in der Raumfahrt. Bei den astronomischen Beobachtungen ging es um die Bestimmung der wirklichen Helligkeit von Fixsternen, welche die Erkenntnis der gesetzmäßigen Prozesse in den äußeren Sternhüllen erschließen hilft. Große Bedeutung für spätere interplanetare Flüge hatte vor allem das erstmalig bei einem Flug um die Erde angewandte autonome astronomische Navigationssystem, bei dem sich der Raumflugkörper ausschließlich nach den Gestirnen des Himmels orientiert. Hinzu kommt die Bedeutung der geologischen Erkundungsforschung. Hier wurden u. a. im Gebiet zwischen Ural und Aralsee Aufnahmen gemacht, deren Auswertung auf das Vorkommen noch unentdeckter Bodenschätze, darunter neuer Erdölbasen, schließen läßt. Hinzu kommen weiter viele Methoden der Forschung geophysikalischer und biologischer Art, die bei diesen Sojus-Flügen bereits auf Grund früherer Experimente angewandt oder neu erprobt wurden. Von besonderem Gewicht sind schließlich die im Hochvakuum des Weltraumes und unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit ausgeführten Schweißarbeiten, mit denen die Ära neuer Technologien im Weltraum begann.

Die künftige Raumstation, auf der ständig wissenschaftliche Arbeit geleistet wird wie sie bereits bei dem Sojus-Formationsflug praktiziert wurde, dürfte eine notwendige, der Erde vorgelagerte Insel im Kosmos sein, ohne die in der Zukunft der wissenschaftlich-technische Fortschritt nicht denkbar ist.

In der Sowjetunion, in der man ständig erfolgreich bemüht ist, bei der Entwicklung der Volkswirtschaft und des gesamten gesellschaftlichen Lebens die richtigen, den Gesetzmäßigkeiten der sozialistischen Gesellschaft entsprechenden Proportionen zu wahren, wird auch bei der Planung und Ausführung der Raumfahrtexperimente ständig bedacht, daß Aufwand und gesellschaftlicher Nutzen sich in einem richtigen Verhältnis zueinander befinden müssen. Als am 16. März 1962 der erste Satellit der sowjetischen Kosmos-Serie auf seine Erdumlaufbahn gebracht war, wurde bereits deutlich, daß sich die Sowjetunion schon nach 4 $\frac{1}{2}$ -jähriger aktiver Raumfahrt der Erschließung eines möglichst großen Nutzens der Raumfahrtforschung zuwandte. Was sich damals in dem anläßlich des Starts von Kosmos 1 bekanntgegebenen Forschungsprogramm andeutete, wird heute rund 8 Jahre später durch die hohe Zahl von weit mehr als 300 Kosmos-Satelliten, die inzwischen auf den Erdborbit gelangt sind, unterstrichen. Der Nutzen der Weltraumfahrt, besonders wenn er sich

innerhalb weniger Jahre auszahlen soll, liegt in erster Linie im erdnahen Kosmos. Es sind vor allem die geophysikalischen, ozeanographischen, astronomischen und nicht zuletzt die Navigations- und Nachrichtensatelliten, die diesen Nutzen bringen. Aus der Kosmos-Serie, die anfänglich vor allem der Grundlagenforschung auf den verschiedensten wissenschaftlichen Gebieten diente, sind die eben genannten Anwendungssatelliten hervorgegangen: die sowjetischen Wettersatelliten vom Typ Meteor ebenso wie die Nachrichten-Satelliten vom Typ Molnija 1. In der Kosmos-Serie stecken auch immer wieder neue und verbesserte Varianten von Testraumschiffen, aus denen in letzter Zeit die Sojus-Raumschiffe als Bauelemente einer benannten Orbitalstation hervorgegangen sind. Die im Erdorbit gewonnenen wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse zahlen sich viel rascher aus als die auf den Mond oder die Planeten gerichteten Grundlagenforschungen, die selbstverständlich auch sehr wichtig sind, aber – soll die Raumfahrt wirklich und handgreiflich nützlich werden – in einem angemessenen Verhältnis zu den Meß- und Anwendungs-Satelliten stehen müssen.

Die Sowjetunion, die mit ihrem letzten Formationsflug einleuchtend demonstrierte, wie man auf vielen Gebieten mit finanziell recht aufwendigen Flügen einen dennoch größeren Nutzen erzielen kann, hat mit ihren Raumfahrtexperimenten, bei denen friedliche und menschliche Ziele stets im Mittelpunkt standen, ganz erheblich dazu beigetragen, daß trotz des großen materiellen, finanziellen und personellen Aufwandes, den die Raumfahrt benötigt, bereits heute der Nutzen der Raumfahrtforschung höher ist als die anfallenden Kosten.

Auch in der Sowjetunion, in der vor rund 50 Jahren die Verwirklichung von Lenins Plan zur Elektrifizierung begann und die erste Arbeiter- und Bauernfakultät gegründet wurde, zwei historische Ereignisse, deren wir im Jahre von Lenins 100. Geburtstag gedenken, ist die Raumfahrt zu einem entscheidenden Schrittmacher und Impulsgeber für Wissenschaft, Technik und Wirtschaft geworden. Ja, man kann sagen, daß sich diese Gesetzmäßigkeit im Zeitalter der wissenschaftlich-technischen Revolution in der Sowjetunion wegen der Übereinstimmung der Entwicklung der Produktivkräfte mit den gesellschaftlichen Verhältnissen besonders gut und ohne die dem Kapitalismus eigenen Widersprüche durchgesetzt hat und weiter durchsetzen wird.

Gegenwärtig existieren auf der Erde etwa 8000 Erkenntnisse, Geräte, Verfahren, Produktionsweisen und Werkstoffe, die der Raketen- und Raumfahrttechnik entstammen, und jährlich kommen mehr als tausend neue Erfindungen, Entdeckungen und Anwendungsmethoden hinzu. Ursache für diesen Siegesmarsch der Raumfahrt sind vor allem die extremen Anforderungen, die die Raumfahrt an Wissenschaft und Technik stellt. Die moderne Raumfahrttechnik verlangt heute eine Präzision, die nur noch unter dem Mikroskop meßbar ist.

Ähnlich hoch sind die Forderungen nach Zuverlässigkeit. Während heute in der Industrie und in der Funk- und Fernmeldetechnik höchstens Zuverlässigkeiten bis zu 1:1000 verlangt werden, sind bei Trägerraketen und Raumflugkörpern Sicherheiten von 1 : 1 000 000 die Mindestforderung. Auf einem der letzten Kongresse der Internationalen Astronautischen Föderation wurde festgestellt, daß 50 % des gesamten finanziellen und organisatorischen Aufwandes, der jemals in der Geschichte der Menschheit aufgebracht wurde, auf die letzten 10 Jahre, in denen die aktive Raumfahrt ihren Anfang nahm, entfällt.

Daß die Sowjetunion heute auf allen entscheidenden Gebieten der Wissenschaft und Technik zur Weltspitze aufgerückt ist und diese auf vielen Gebieten sogar überlegen hält, beweisen u. a. ihre begeisternden Weltraumexperimente, mit denen sie nicht nur den bisher einmaligen Aufbau einer bemannten Weltraumstation vorbereitet, sondern auch mit dem vollkommenen System der weichen Landung von unbemannten Raumflugkörpern, die nahezu hundert Millionen Kilometer tief in den Weltraum bis zum Nachbarplaneten Venus vorgestoßen sind.

Das sowjetische und das amerikanische Raumfahrtprogramm

HERBERT PFAFFE

Wesentliche Seiten des sowjetischen Raumfahrtprogramms

Die Vorzüge dieses Raumfahrtprogramms bestehen in seiner langfristigen Planung, in der Komplexität und in dem gleichzeitigen Vorgehen auf breiter Front, wobei die Hauptmethode der Lösung der einzelnen Aufgaben dieses Programmes in einer prinzipiellen Abstimmung der Ziele, die auf den unmittelbaren Nutzen für die Menschheit und auf die Grundlagenforschung gerichtet sind, besteht.

Die langfristige Planung, Komplexität und das Vorgehen auf breiter Front zeigten sich in der Vergangenheit bereits darin, daß die Sowjetunion schon bald nach dem Start von Sputnik 1 ihren ersten Bio-Satelliten (Sputnik 2) startete, mit dem erste und grundlegende Experimente zur Vorbereitung späterer, bemannter Raumflüge ausgeführt wurden. Zwischen der Periode der Sputniks und diesen ersten bemannten Raumflügen liegen die im Jahre 1959 ausgeführten Flüge von Luna 1 bis 3 zum Mond (Erforschung des mondnahen Gebietes, erste harte Landung, erste Aufnahmen von der Mondrückseite). Die Grundlagen dafür wurden bereits in den Jahren 1953 bis 1955 gelegt, als die Akademie der Wissenschaften der UdSSR einen Atlas sämtlicher Mondflugbahnen berechnete und herausgab. Die Systematik zeigt sich ferner in der Entwicklung der bemannten Raumflüge von den 1 Mann-Wostok-Raumschiffen über mehrsitzige Raumschiffe vom Typ Woßchod bis zu den Forschungslaboratorien im erdnahen Kosmos (Sojus), wobei diese Entwicklung zwei bestimmende Merkmale prägte, einmal die Entwicklung der Handsteuerung, die ein Zusammenwirken von Mensch und Automatik voraussetzt, und zum andern die maximale Ausschöpfung aller Möglichkeiten, die die Automatik bietet, für unbemannte Erkundungsflüge zum Mond und zu den Planeten. Beispielhaft für das Vorgehen auf breiter Front ist die Tatsache, daß so weitgesteckte Ziele, wie es die Erforschung der Venus-Atmosphäre und der bodennahen Schichten dieses Mediums sind, mit der Ausführung zahlreicher Experimente im erdnahen Kosmos einhergehen, die in absehbarer Zeit einen Nutzen für die menschliche Gesellschaft bringen. Es wurden z. B. seit 1962 mehr als 340 Kosmos-Satelliten gestartet, in deren Serie viele Forschungs-Satelliten, auch Prototypen von Wetter- und Nachrichtensatelliten und Raumschiffen enthalten sind. Gleichzeitig mit der Vorbereitung auf unbemannte Flüge zu den Grenzen unseres Sonnensystems (Planet Pluto), die für das Jahr 1978 geplant sind, werden bereits heute Systeme von Wetter- und Nachrichtensatelliten (Meteor und Orbita) geschaffen und ausgebaut sowie moderne Technologien zur Erprobung und Anwendung im Weltraum entwickelt (siehe Schweißtechnik in Sojus 6).

Auf Grund der hohen technischen Anforderungen der Raumfahrt fließen viele Produkte mit höherer Qualität und verbesserter Form in ihre ursprünglichen Anwendungsbereiche zurück. Ein typisches Beispiel ist der Transistor, der ursprünglich kein unmittelbares Produkt der Raumfahrttechnik war, aber unter dem Einfluß der Astronautik seine Eigenschaften hinsichtlich Beanspruchbarkeit, Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer erhöhte und gleichzeitig in Bezug auf Größe und Gewicht auf ein Minimum zurückging. Die Brennstoffzelle, die noch bis vor kurzem in den Laboratorien eine Kuriosität darstellte, wurde zu einem Gerät entwickelt, zu dessen Funktionsfähigkeiten es heute auch gehört, Häuser mit Licht und Auto-

mobile mit Antriebskraft zu versorgen. Ebenso sind Transistorradios von der Größe einer Streichholzschachtel, Miniaturfernsehkameras, winzige Lautsprecher und Mikrophone, Sender und Empfänger, die im Knopfloch getragen oder von einem Magenkranken zu Untersuchungszwecken geschluckt werden können, „Abfallprodukte“ der Weltraumtechnologie.

Die Raumfahrt hat eine große Bedeutung für die volkswirtschaftliche, technische und militärische Entwicklung der beiden Raumfahrtnationen. Die Entwicklung der Raumfahrt trägt zur Entwicklung der strukturbestimmenden Industriezweige, wie Elektronik, Elektrotechnik usw. bei. Beide Weltmächte sind daher bestrebt, den Vorsprung auf bestimmten Gebieten der Raumfahrt zu halten und auszubauen.

Das amerikanische Raumfahrtprogramm

Der grundlegende Unterschied zum sowjetischen Raumfahrtprogramm besteht darin, daß die Verfolgung bestimmter herausragender Einzelziele, wie z. B. die Erforschung des Mondes mit bemannten Raumflugkörpern, wesentlich mitbestimmt wird von der Absicht, mit diesen zweifellos beeindruckenden Raumfahrtserfolgen einen Vorsprung auf ökonomischem und militärischem Gebiet zu erreichen. Auf diese Weise werden diese Raumfahrtexperimente in die USA-Globalstrategie einbezogen. Nicht zuletzt deshalb sieht das amerikanische Raumfahrtprogramm vor, den ersten beiden bemannten Landungen auf dem Mond noch 8 weitere Experimente dieser Art bis 1973 folgen zu lassen. Selbstverständlich versprechen diese Experimente auch einen bedeutenden wissenschaftlichen Nutzen, z. B. die mögliche Klärung der Frage, wie der Mond entstanden ist.

Diese eindeutige Ausrichtung auf Raumfahrtziele, die einen hohen politischen Wirkungsgrad, Propagandaeffekt oder kommerziellen Nutzen versprechen, führte dazu, daß es gegenwärtig in der USA-Raumfahrt neben der bemannten Erforschung des Mondes nur noch wenige Schwerpunkte gibt, die durch die Regierung amtlich gefördert werden. Dazu gehört der weitere Ausbau von Nachrichtensatelliten- und Nachrichtensystemen sowie die Förderung von Raumfahrtprojekten, die einen volkswirtschaftlichen Nutzen im Sinne des monopolkapitalistischen Profitstrebens versprechen. Dazu gehören Satelliten zur Erkundung von Bodenschätzen, um mit deren Hilfe in Ländern, die von den USA abhängig sind, abbauwürdige Lagerstätten ausbeuten zu können. Außerdem bilden militärisch-strategische Gesichtspunkte eine Stimulanz für das amerikanische Raumfahrtprogramm.

Heute noch weit verbreitete Thesen, wie die vom Wettlauf zum Mond oder zu den Planeten, sind falsch. Man kann hingegen von einem Wettbewerb dieser Art sprechen, der sich nach unterschiedlichen, in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Systemen begründeten Programmen vollzieht. Der jeweilige Stand dieses Wettbewerbes läßt sich nicht in einzelnen Experimenten messen, sondern nur auf der Grundlage einer Übersicht und eines Vergleichs bestimmter relativ langer Perioden dieser Entwicklung.

Die bisherige Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt zeigt an vielen Beispielen, wie das sozialistische Gesellschaftssystem es gestattet, schöpferische, wissenschaftliche Potenzen freizusetzen und die wissenschaftlich-technische Revolution zu meistern. Die Sowjetunion hat in historisch kürzester Frist auch auf wissenschaftlichem Gebiet den Rückstand gegenüber den führenden imperialistischen Ländern aufgeholt. Auf dem Gebiet der Raumfahrt wurde die gewonnene Führungsposition durch den Start des ersten Sputniks besonders sichtbar. Die Sowjetunion hat die weitaus meisten Etappen der Raumfahrt als erste erreicht.

Andererseits ist das amerikanische Raumfahrtprogramm mit durchaus beeindruckenden Einzelleistungen sichtbarer Ausdruck dafür, daß auch die USA die wissenschaftlich-technische Revolution zur Stärkung ihrer politischen Positionen zu nutzen

gedenken. Wie der bisherige Ablauf des Apollo-Programms beweist, sind die USA durchaus fähig, große technische Leistungen zu vollbringen.

Einzelne Aufgaben, besonders die der amerikanischen Geheimsatelliten und der Raumflugkörper, die im Krieg gegen das vietnamesische Volk eingesetzt werden, widerspiegeln aber auch die Gefährlichkeit des Imperialismus, der auf Grund der gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten und der ihm innewohnenden Widersprüche eine zunehmende Tendenz offenbart, diese großen wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften für seine aggressive Politik zu nutzen.

Dagegen befinden sich die sowjetischen Raumfahrtterfolge und ihre Anwendungen in Übereinstimmung mit den Erfolgen des Sozialismus auf der Erde bei der Lösung der Lebensfragen der Menschen. Hier bietet die gesellschaftliche Basis des Sozialismus die Garantie dafür, daß die wissenschaftlich-technischen Erfolge für eine friedliche, den Menschen dienende Politik genutzt werden. Aus dem Bereich der Raumfahrttechnik gibt es dafür eine Reihe eindrucksvoller Beispiele. Über das System Molnija wurden Millionen Bewohner des sowjetischen fernen Osten an das Netz des zentralen Moskauer Fernsehens angeschlossen. Die letzten Sojus-Flüge schlugen durch geographische und geologische Untersuchungen eine Brücke zur künftigen ausgiebigen Nutzung von Raumstationen für biologische, geologische, geodätische, geographische, agrar- und verkehrstechnische Aufgaben. Zum Beispiel gelang es, durch solche Untersuchungen die Periode der Befahrbarkeit der nördlichen Seewege exakter zu bestimmen und dadurch zeitlich auszudehnen.

Die Sowjetunion entwickelt gemeinsam mit anderen sozialistischen Ländern eine immer umfangreicher werdende Zusammenarbeit, die vielen den Zugang zur Mitarbeit an diesen für die Zukunft sehr wichtigen Programmen öffnet (Kosmos 261, Interkosmos 1 und 2).

Aus der Literatur

Über Lebenserhaltungssysteme im Kosmos

Je weiter sich ein kosmischer Apparat von der Erde entfernt, umso schwieriger werden die Aufgaben, welche von den Wissenschaftlern und Konstrukteuren bei der Schaffung von Raketenträgern, Raumschiffen und Lebenserhaltungsanlagen für die Besatzung gelöst werden müssen.

Die Vergrößerung der Flugdauer, das weite Entfernen von der Erde ruft die Notwendigkeit der Schaffung solcher Mittel der medizinisch-biologischen Fluggewährleistung hervor, welche bei hoher Sicherheit annehmbare Energie- und Gewichtscharakteristiken besitzen und minimalen Platz in den Wohn- und Arbeitsabschnitten einnehmen. Auf dem Weg zur Lösung dieser Fragen tauchen viele Schwierigkeiten auf.

In der Gegenwart ist ohne Zweifel eine dieser Schwierigkeiten, die die kosmische Flugdauer und die Anzahl der Besatzungsmitglieder des Raumschiffes begrenzen, das Gewicht der Reserveprodukte zur Erhaltung einer normalen Lebenstätigkeit der Kosmonauten.

Sauerstoff, Wasser, Speise, d. h. all das, ohne welches der Mensch im Kosmos nicht existieren kann, muß an Bord des Raumschiffes vorhanden sein. Die Lieferung dieser Stoffe in den Kosmos, das Aufbewahren an Bord des Raumschiffes ist eine durchaus schwere Aufgabe sogar schon bei Flugdauer von einem Monat.

Pro Tag verbraucht der Mensch ungefähr 800 g Sauerstoff, 300 g Speise in Form der notwendigen Menge Eiweiß, Fett, Kohlehydrate, Vitamine und Mineralsalze, außerdem etwa 8 Liter Wasser wovon über 2 Liter Trinkwasser darstellen. Durch Hinzufügen der Verpackung zum Reingewicht ergibt sich, daß pro Person je Tag etwa 10 kg Ration kommen.

Das Raumschiff, welches von J. A. Gagarin gesteuert wurde, wog, ohne letzte Trägerstufe, etwa 5 Tonnen, wobei die Antriebsleistung mehr als 4000 PS pro kg Nutzlast betrug. Wie hoch müßte erst die Leistung einer Rakete sein, wenn alles Notwendige für eine 20 bis 30-köpfige Besatzung und eine allgemeine Flugdauer von 2 bis 3 Jahren, z. B. bei Flügen zur Venus oder zum Mars, vorhanden sein soll?

Wie erfolgreich sich auch der Raketenbau entwickeln möge und wie schnell auch die Antriebsleistung der Triebwerke wachse – elementare Rechnungen zeigen, daß bei Verwendung der Reserven ohne ihre Reproduktion die Pläne von Flügen des Menschen zu fernen Planeten völlig unreal wären. Die Pläne erweisen sich jedoch vollauf durchführbar bei Anwendung neuer Mittel der Regeneration und Reproduktion von Produkten und Stoffen unter Flugbedingungen, und sowohl bei uns als auch im Ausland sind zu diesem Zweck entsprechende Forschungen im Gange und finden komplizierte, bisweilen sehr langwierige Experimente statt, in welchen das Grundobjekt der Beobachtung der Mensch selbst ist, welcher sich in einem nicht großen hermetischen, speziell ausgerüsteten Raum befindet. In diesem Experimenten ist der Mensch mit allem Lebensnotwendigen versehen, wobei in erster Linie Sauerstoff und Wasser nicht aus Reserven stammt, sondern aus sogenannten Regenerationssystemen zur Lebenserhaltung, die auf dem Stoffkreislauf begründet sind. Als Beispiel eines solchen Versuchs mag das ein Jahr dauernde medizinisch-technische Experiment dienen, welches in der Sowjetunion 1967/68 durch 3 Forscher durchgeführt wurde: den Arzt G. A. Manowzew, den Biologen A. N. Boshko und den Techniker B. N. Ulybyshev.

In diesem Versuch ist ein teilweise geschlossener Kreislauf verwirklicht worden, in dessen Verlauf Wasser und Sauerstoff zum Trinken und Atmen auf besonderem Wege aus Abscheidungen des Menschen nutzbar gemacht wurde, es wurden ein reich an Vitaminen frisches Grünzeug reproduziert und praktisch völlig entwässerte Nahrungsmittel verwendet. Das sogenannte sanitäre Wasser zum Waschen, Duschen und Geschirrwaschen wurde nach einer entsprechenden Reinigung aufs neue verwendet.

Man kann sagen, daß in allgemeiner Weise die Idee, den Stoffkreislauf, wie er auf der Erde auftritt, als Modellierungsgrundlage im Kosmos zu verwenden, mit dem Ziel der Herstellung von Sauerstoff, Wasser und Nahrung, schon 1903 K. E. Ziolkowski in seiner Arbeit „Die Erforschung des Weltraumes durch reaktive Geräte“ hervorgehoben wurde. Er schrieb: „Lange in einer Rakete zu existieren ist nicht möglich: die Vorräte an Sauerstoff zum Atmen und an Nahrungsmitteln müssen bald zu Ende gehen, die Produkte der Atmung und Verdauung werden die Luft verunreinigen. Es sind besondere Wohnräume nötig – ungefährdete, helle, mit der gewünschten Temperatur, mit erneuertem Sauerstoff, mit konstanter Nahrungszufuhr...“

Der Hauptvorteil von Lebenserhaltungssystemen (oder wie sie jetzt oft genannt werden ökologischen Systemen) des Menschen, die auf dem Stoffwechsel beruhen, besteht in der Möglichkeit, längere Zeit mit bestimmten, nicht großen, an Bord des Raumschiffes genommenen Stoffvorräten auszukommen. Dabei wird die kosmische Reisedauer theoretisch unbegrenzt, da alle verbrauchten Stoffe, eben Sauerstoff, Wasser und Nahrung aus den menschlichen und anderen Abfallprodukten reproduziert werden, d. h. aus Kohlendioxid entsteht aufs neue Sauerstoff, aus Abscheidungen und sanitärem Wasser regeneriert sich Trinkwasser usw.

Das Aufbauprinzip geschlossener ökologischer Systeme, die für weite kosmische Flüge und die Ansiedlung von Menschen auf anderen Planeten bestimmt sind, basieren in bedeutendem Maße auf unseren Kenntnissen über den Stoffwechsel auf der Erde.

Unbedingt zu erwähnen ist die Bedeutung der Arbeit des Akademiemitgliedes W. N. Wernadski über die Biosphäre der Erde und besonders die Lehre des Akademiemitgliedes W. N. Sukatschew über die Biozönosen (Gemeinschaft der Organismen) in Verbindung mit ihrer ortsgebundenen Lebensfähigkeit als solide Grundlage zur Schaffung künstlicher Biozönosen, eben im Kosmos, wo der Mensch gleichzeitig Schöpfer und gleichberechtigter Partner der biologischen Gemeinschaft und des Ökosystems im Ganzen ist.

Das heißt jedoch ganz und gar nicht, daß das ökologische System im Kosmos eine genaue Kopie des Erdmodells sein muß, daß sich im kleinen Raumvolumen alle biochemischen Prozesse, welche auf der Erde vor sich gehen und durch den Stoffwechsel in der Natur verwirklicht werden, eine Widerspiegelung erfahren müssen. So beträgt z. B. die Zyklusdauer der völligen Erneuerung des Sauerstoffs in der Erdatmosphäre etwa 2000 Jahre. Die Wissenschaftler, die kosmische Ecosysteme ausarbeiten, sehen ihre Aufgabe darin, die neuesten Errungenschaften der Technik, Physik, Chemie, Medizin anzuwenden sowie die Gesetzmäßigkeiten zu berücksichtigen, welche die auf der Erde sich natürlich addierenden Verhältnisse zwischen

viezähligen Arten lebender Organismen und dem (toten) Stoff widerspiegeln, das Allernotwendigste, doch für die Gewährleistung einer schnellen Stoffzirkulation in begrenztem Raume Ausreichende auszuwählen.

Der Typ des Raumschiffes, seine Bestimmung, die Flugdauer und die Größe der Besatzung bestimmen, welche technologischen Prozesse und biologischen Objekte im projektierten ökologischen Lebenserhaltungssystem, welches auf dem Stoffkreislauf fußt, verwendet werden müssen.

In Verbindung damit ist die besondere Rolle der Gewichts- und Energiebegrenzungen zu erwähnen, welche durch die Grundcharakteristiken des Raketenträgers oder des Raumschiffes bestimmt sind. Die angeführten Begrenzungen bestimmen auch in bedeutendem Maße die Schemen der Lebenserhaltungssysteme und die Struktur der ökologischen Systeme.

Welche sind nun die funktionalen Hebel, aus welchen eigentlich das ganze ehologische System gebaut wird sowie was auf dem Gebiet der ehologischen Modellierung heute gemacht wird und welche Fragen zu lösen noch bevorsteht.

Da die Hauptaufgabe beliebiger Prozesse, die dazu dienen, den Stoffkreislauf im ökologischen System eines Raumflugkörpers zu verwirklichen, die stetige Versorgung des Menschen mit Sauerstoff, Wasser und Nahrung darstellt, so ist im Ökosystem gerade der grundlegendste Hebel, der diese Stoffe regeneriert, zu finden.

Die Regeneration von Stoffen in funktionalen Abschnitten, z. B. die Regeneration von Wasser, Sauerstoff, Salzen usw. kann sowohl mit Hilfe physikalisch-chemischer Prozesse als auch durch mittelbare Anwendung der Funktionen pflanzlicher und tierischer Organismen erfolgen.

Ein Vorteil der phys.-chem. Systeme ist der große Verarbeitungsgrad, die Möglichkeit der Steuerung und der aktive Einfluß des Menschen auf den Prozeßablauf und damit verbunden ihre hohe Sicherheit.

In einem kleinen Zeitungsartikel ist es nicht angebracht, den Leser mit ausführlichen Darlegungen der Technologie aller Prozesse, mit deren Hilfe die Spezialisten schon lernten, im Stoffkreislauf fast 100 % Sauerstoff und Wasser zurückzuführen, zu belasten.

Es ist nur möglich zu bemerken, daß die am perspektivischsten phys.-chem. Reduktionsweisen des Wassers aus Abscheidungen zur Zeit folgende sind: Destillation unter Vakuum, Einfrieren unter Vakuum (Liophilisation) und katalytische Oxidation. Bei einem zweiwöchigen kosmischen Flug von 3 Kosmonauten wäre es nötig, 170 bis 180 kg Wasserreserven zu nehmen. Es ist verständlich, daß mit einer Vergrößerung des Flugzeitraumes und der Besatzungsmglieder der Nutzen am Gewicht im Verhältnis zu den Vorräten noch größer ist.

Der Erhalt von Sauerstoff im ökologischen System unter Anwendung phys.-chem. Methoden wird in der Hauptsache auf dem Wege elektrolytischer Zerlegung von Wasser, welches bei der Reduktion von Kohlensäuregas mit Sauerstoff erhalten wird, verwirklicht oder durch direkte Zerlegung des Kohlensäuregases in Kohlenstoff und Sauerstoff, obgleich die Anwendung beider Reaktionen auf einige Schwierigkeiten stößt, da sie eine große Menge an Energie benötigen.

Bis jetzt wurde noch nichts darüber gesagt, wie im ehologischen System eine pausenlose Reduktion der Speiseprodukte verwirklicht wird. Leider helfen uns hier die phys.-chem. Methoden kaum mit Ausnahme vielleicht der Synthese nicht großer Mengen von Kohlenhydraten aus Oxiraten des Kohlensäuregases.

Für eine ununterbrochene Nahrungsproduktion im Raumschiff ist die Einbeziehung von pflanzlichen und teilweise tierischen Organismen in die Struktur ökologischer Systeme nötig.

Der Hauptvorteil der biologischen Hebel ist ihre vielartige Funktionalität und Fähigkeit zur Eigenregeneration. So gestattet z. B. ein Reaktor mit sich pausenlos vermehrenden mikroskopischen Wasserchlorellen, gleichzeitig Kohlensäuregas sowie flüssige Abscheidungen der Lebenstätigkeit des Menschen zu utilisieren und reinen Sauerstoff zum Atmen und Biomassen von Wassergewächsen zu erhalten, die 50 % Eiweiß im trockenem Stoff enthalten. Ein möglicher Konkurrent der Chlorella können Wasserstoffbakterien werden, welche Wasserstoff und Kohlensäuregas utilisieren und das Eiweißprodukt in Form einer Biomasse abgeben.

Gewohntes Gemüse wie die Kartoffel, Kohl, Rettich u. a. kann ebenfalls mit Erfolg im ökologischen System Verwendung finden. Die kosmischen Orangerien der Zukunft, besonders auf den Planetenstationen, werden den Menschen mit einer gewohnten Gemüseauswahl versorgen,

indem sie Kohlensäure utilisieren und Sauerstoff abgeben, wie es auf der Erde stattfindet. Jedoch muß der Mensch außer Pflanzennahrung auch unbedingt mit der Speise tierische Eiweiße und Fette aufnehmen. Es wurde eine sehr große Zahl der verschiedensten Organismenarten, darunter Wirbellose und Fische, geprüft, bis sich als erste Kandidaten zur Einbeziehung in ökologische Systeme Hausziegen und Geflügel erwiesen.

Es muß jetzt eine Antwort darauf gegeben werden, ob Ziegen, Enten und Hühner, indem sie die im ökologischen System sich bildenden Pflanzenreste und Abfälle verwenden, dem Menschen als Lieferanten von Milch, Fleisch und Eiern bei langwierigem Funktionieren des ökologischen Systems dienen.

Die organischen Abfälle, welche sich in der künstlichen kosmischen Biozönose sammeln, d. h. nicht zur Verpflegung des Menschen und der Tiere verwendete Pflanzenreste sowie die Abscheidungen der Lebenstätigkeit müssen mineralisiert werden und in Form von Mineralsalzen bestimmter Zusammensetzung in die Speise-Regenerationsstufe geschickt werden (Chlorella-Reaktor, Orangerie). Auf der Erde kommt auf diesen Teil des Stoffkreislaufes eine riesige Anzahl Bakterien und Pilze, die den organischen Stoff zerstören und in eine Form umwandeln, welche leicht von den Pflanzen angenommen wird, wobei dieser Prozeß sehr langsam abläuft.

Im kosmischen Ökosystem wird der Mineralisationsprozeß auf folgenden zwei möglichen Wegen verwirklicht: Durch Verbrennung bei hohen Temperaturen auf dem Wege einer intensiven biologischen Oxidation in speziellen Einrichtungen, deren Zukunftsbild riesige Aero-Rieselflächen und „biologische Teiche“ sind, wie sie zur Säuberung der städtischen Abwässer verwendet werden. Außer den hier vorgestellten grundlegenden Gliedern geht in das ökologische System noch eine Vielzahl technologischer Ströme ein, welche eine unterschiedliche Konzentration, Sauberkeit und Abscheidung einer großen Menge an Stoffen und Elementen verwirklichen.

Als Abschluß ist zu sagen, daß die Hauptschwierigkeit der Schaffung ökologischer Systeme, die auf dem Stoffkreislauf beruhen, darin besteht, daß die Zirkulation der Stoffe in ihm mit gleichbleibender Geschwindigkeit ablaufen muß, unabhängig von funktionellen Eigenarten des einen oder anderen Gliedes. Wenn dazu berücksichtigt wird, daß alle Prozesse schnell und in einem kleinen begrenzten Raum ablaufen, daß sie sicher und ungefährlich im Verlauf langer Zeiträume sein müssen, wird die kolossale Kompliziertheit der gestellten Aufgabe verständlich. Außerdem gilt zu berücksichtigen, daß die biologischen Glieder außerordentlich dem Einfluß verschiedener Faktoren des Raumfluges unterworfen sind (Überbelastungen, Schwerelosigkeit, Ionenstrahlung usw.).

Man kann voraussagen, daß die weitere Entwicklung ökologischer Systeme auf dem Wege einer ständigen Verdrängung der phys.-chem. Glieder und ihrer Verwendung als Reserve- oder Korrektionsysteme vonstatten geht.

Einige der in diesem Artikel betrachteten Fragen wurden der Untersuchung unter den Bedingungen eines ein Jahr dauernden med.-techn. Experiments unterzogen, wo zusammen mit den phys.-chem. Gliedern auch ein biologisches Glied funktionierte, eine Vitamin- Orangerie. Als Resultat des Experiments wurde eine wertvolle und umfassende Information gewonnen, die eine Reihe neuer Wege zur Lebenserhaltung des Menschen außerhalb der Erde und die Schaffung eines noch komplizierteren stoffgeschlosseneren ökologischen Systems skizzierte.

Die Lösung dieser grandiosen Aufgabe gibt dem Menschen die Möglichkeit, nicht nur langwierige kosmische Reisen zu vollziehen und ferne Planeten zu bevölkern, sondern eröffnet offensichtlich auch den Weg in die Tiefen des Weltozeans zu seinen nicht zählbaren Reichtümern und ungelösten Rätseln.

B. Adamowitsch, Kandidat der technischen Wissenschaften, J. Nefedow, Doktor der medizinischen Wissenschaften, G. Rather, Kandidat der biologischen Wissenschaften, in „Iswestija“ vom 27. 12. 1968. (Übersetzung: S.-O. Newiak).

die Veränderung wissenschaftlicher Theorien hinaus. Vielmehr hat sie auch wesentlichen Einfluß auf den Stil des wissenschaftlichen Denkens. Dieser Prozeß wurde von B. M. Kedrow in seinem Vortrag analysiert.

Durch die um die Jahrhundertwende einsetzende Revolution in der Physik wurde es unmöglich, sich die Welt weiterhin als eine Gesamtheit von unveränderlichen primären Bausteinen der Materie vorzustellen. Die Begriffe „Entwicklung“ und „Veränderung“ wurden grundlegend für die Erkenntnis der Natur. Gleichzeitig erhöhte sich das Interesse der Naturforscher an der Analyse der Denkweise selbst. Von anschaulichen Modellen der Welt gingen die Physiker zu „absonderlichen Theorien“ über, die bisweilen dem „gesunden Menschenverstand“ widersprachen. Auch der Charakter der Übereinstimmung zwischen Theorie und Wirklichkeit änderte sich, und es entstand das sogenannte Problem der Realität in der Physik.

In der physikalischen Theorie gibt es Elemente, die als Modelle realer Objekte dienen. Es gibt darin aber auch Modelle der Modelle. Ihre Übereinstimmung mit der Realität ist komplizierter Art. Außerdem läßt die Theorie Idealisierungen zu, die überhaupt kein Analogon im Objekt der Erkenntnis haben. Wie mehrere Diskussionsredner auf der Konferenz feststellten, wird die Analyse der Struktur einer Theorie zu einem notwendigen Moment im Prozeß ihrer Konstruktion. Das verleiht dem Denken des Naturforschers einen kritischen Charakter und stellt eine ständige Verbindung mit der philosophischen Analyse der Begriffe her.

Da die Begriffe flexibel sind und mit philosophischen Kategorien operiert werden muß, ist es erforderlich, sich der Dialektik als der Logik der wissenschaftlichen Erkenntnis zu bedienen. M. E. Omeljanowski zeigte in seinem Vortrag, daß es ohne Anwendung der Dialektik unmöglich ist, das „absonderliche“ Bild der Mikrowelt zu deuten, das uns die Theorie der Elementarteilchen vermittelt.

Bei einer Analyse des Werdegangs neuer Ideen in der modernen Physik enthielt J. W. Satschkow den dialektischen Charakter dieses Prozesses: Die Aufhebung der Widersprüche zwischen Theorie und Experiment, die Negation der einen Begriffe durch andere, allgemeinere, sowie die Dialektik des Abstrakten und des Konkreten bei den zu neuem Wissen führenden Gedankengängen sind notwendige Momente des wissenschaftlichen Denkens.

Ein Hauptergebnis der Diskussion dieses Problems auf der Konferenz war die Klärung der grundlegenden Besonderheiten des modernen wissenschaftlichen Denkens.

Es ist gekennzeichnet von der Anwendung eines Systems höchst vollkommener Methoden der Erkenntnis. Dazu gehören das Modellieren und das Gedankenexperiment, die axiomatische Methode und das Prinzip der Übereinstimmung bei der Entwicklung der Kenntnisse, die Methoden der Hypothesen und der Prinzipien in der Physik, das Systemdenken und das gezielte Experiment. Diese Methoden wurden zwar nicht in unserem Jahrhundert erfunden, werden aber erst heute in ihrer vollkommensten Form angewandt.

Die zweite Besonderheit des modernen wissenschaftlichen Denkens ist seine Ausrüstung mit sehr reichen Sprachen der Wissenschaft, mit einem flexiblen Begriffssystem, mit der Sprache der Mathematik und der mathematischen Logik. P. W. Kopnin legte dar, daß die logisch-philosophische Analyse der Sprache der Wissenschaft heute zu einem organischen Bestandteil des Erkenntnisprozesses der Natur wird.

Drittens zeichnet sich das moderne wissenschaftliche Denken durch das Vermögen aus, im Erkenntnisprozeß die Rechentechnik, feinste Meßmethoden, leistungsfähige Informationsmittel sowie vielfältige Formen der kollektiven Beratung wissenschaftlicher Probleme auszunutzen.

Als vierte Besonderheit (von G. A. Swetschnikow und W. I. Kupzow begründet) sind die Entwicklung einer wirksamen Verbindung des wissenschaftlichen Denkens mit der philosophischen Analyse und mit der Deutung der Wirklichkeit sowie die Annäherung der Natur- und Gesellschaftswissenschaften bei der Lösung der aktuellen Probleme zu nennen.

Wechselbeziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft

In der modernen Wissenschaft lassen sich (allerdings nur sehr bedingt) ihr empirisches Niveau sowie das Niveau ihres theoretischen Hauptinhalts und ihre Fundierung unterscheiden.

Auf dem Stand ihrer logischen Grundlagen ist die Wissenschaft fester und enger mit der Philosophie verbunden. Mit ihrer ganzen Kraft und Bedeutung macht sich diese Verbindung in Zeiten einer Revolution in der Naturwissenschaft geltend. Philosophische Ideen können einen fundamentalen Einfluß auf die Entwicklung des theoretischen Hauptinhalts ausüben. Hier kommt die Rolle der Philosophie vor allem in den Verfahren der Interpretation der Theorie zum Ausdruck. Auf dem empirischen Niveau der Erkenntnis ist der Einfluß der Philosophie auf die Wissenschaft wesentlich schwächer. Da jedoch die genannten Niveaus als eine Einheit existieren, durchdringt die Philosophie mit ihrem Einfluß die gesamte Struktur der Wissenschaft. Die wissenschaftlichen Kenntnisse sind jener bereits bearbeitete Boden, von dem der Baum der Philosophie seine Wurzeln in die Sphäre der gesamten menschlichen Praxis versenkt.

Kandidat der Philosophie I. W. Martynytschew, Physikalisch-Technische Hochschule Moskau, in „Priroda“ Nr. 12, 1969 (nach Presse der SU 21/1970).

Astronomie und Raumfahrt

15083

2m 31052

176

H23

H.D. Heinrich

Charlottenstr. 15

111-Berlin

12.2.72



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Gase auf der Mondoberfläche · <i>Johannes Classen</i>	33
Ergebnisse der ersten Mondlandungen im Apollo-Programm	43
Aus der Literatur	
Organische Verbindungen in Meteoriten — Veränderliche Galaxien?	45
Informationsgrenzen des Tautenburger Schmidt-Teleskops — 3-m-Spiegelteleskop in Erdsatelliten vorgeschlagen — Unsere Sonne als veränderlicher Stern	46
Kürzung des NASA-Haushalts	63
Arabischer Raum an Satelliten-Fernmeldenetz angeschlossen — Satelliten steuern ozeanografisches Meßboot	64
Amateure beobachten und berichten	
Aufnahmen der Kometen Bennett (1969 i) und Tago-Sato-Kosaka	46/47
Bildteil	
Apollo 11 und 12 (Mondsteine und andere Aufnahmen)	48—50
Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
Tätigkeitsbericht 1969 der Fachgruppen des Bezirksfachausschusses Dresden	51
Seminar für Veränderlichen-Beobachter in Eilenburg	53
Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Kooperation im Kosmos — Bericht über den XX. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation · <i>Horst Hoffmann</i>	54
Satellitenavigation	58
Der Einsatz von Bordrechnern in Raumfahrzeugen · <i>W.-D. Fromm</i>	59
Kanadische Firma baut in Pakistan Satellitenbodenstationen — Frankreich baut Satellitenbodenstationen ·	62
Isotopengenerator als Mondkraftwerk · <i>Dietmar Stachowski</i>	63
Neue Frequenzen für Satelliten	63
Flugzeug-Satelliten-Fernmeldeverbindungen	3. Umschlagseite
Buchbesprechung	
Fliegerjahrbuch 1970	3. Umschlagseite

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1970 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel.

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

Gase auf der Mondoberfläche

JOHANNES CLASSEN

Seit 1540 (1) werden sowohl auf dem von der Sonne beleuchteten Teil der Mondoberfläche als auch im aschgrauen Mondlicht Leuchterscheinungen beobachtet. Aber erst seit etwa 1958 setzt sich die Überzeugung durch, daß es sich dabei um reale Vorgänge auf der Mondoberfläche handelt. Über die Entstehung dieser Leuchterscheinungen wurden im wesentlichen zwei Erklärungsversuche vorgeschlagen. Bei dem ersten faßt man die lunaren Leuchterscheinungen als Lumineszenzvorgänge des festen Mondbodens auf. Besonders Z. Kopal (2) (3) hat sich für diesen Erklärungsversuch eingesetzt. Nach ihm können die leuchtenden Teile der Mondoberfläche „als natürliche Wellenlängenwandler angesprochen werden, die hochenergetische Korpuskularstrahlung durch Lumineszenz in sichtbares Licht transformieren“ (3). Da man die Leuchterscheinungen auf begrenzten Stellen der Mondoberfläche beobachtet, hat man auf dem festen Mondboden eine örtliche Beschränkung des Luminophors anzunehmen.

Angeregt wird die Lumineszenz nach Z. Kopal durch solare Korpuskularstrahlung. Da auch auf dem nicht beleuchteten Teil des Mondes Leuchterscheinungen vorkommen, muß die solare Korpuskularstrahlung auch auf die der Sonne abgewandte Seite des Mondes gelangen können. Das ist möglich, weil sich geladene Teilchen im magnetischen Kraftfeld in gekrümmten Bahnen bewegen. Wird der Krümmungsradius dieser Bahnen ungefähr so groß wie der Mondradius, so kann die Korpuskularstrahlung jeden beliebigen Punkt der Tag- oder Nachtseite des Mondes erreichen.

Die Anregung der Lumineszenz wäre vielleicht auch durch solare Strahlung im kurzwelligen UV-Bereich möglich, wenigstens auf dem von der Sonne beleuchteten Teil der Mondoberfläche (4). Gegen eine Anregung durch elektromagnetische Strahlung spricht jedoch nach Z. Kopal (3), daß die lunaren Leuchterscheinungen nicht genau gleichzeitig mit irgendeiner Äußerung der Sonnenaktivität auftreten. Letzteres müßte man aber erwarten, denn solare elektromagnetische Strahlung erreicht den Mond praktisch im gleichen Zeitpunkt, in dem die Äußerungen der Sonnenaktivität auf der Erde beobachtet werden.

Bei solarer Korpuskularstrahlung liegen die Verhältnisse anders. Diese Strahlung bewegt sich nicht mit Lichtgeschwindigkeit, sondern trifft gegenüber dem Licht mit einer zeitlichen Verzögerung auf dem Mond ein. Tatsächlich beobachtet man auch zuweilen, daß lunare Leuchterscheinungen eine Anzahl von Stunden nach starker Sonnenaktivität auftreten (3). Nach anderen Autoren besteht allerdings keinerlei Korrelation zwischen dem Auftreten lunarer Leuchterscheinungen und der Sonnenaktivität (5) (6).

Der zweite Erklärungsversuch geht davon aus, daß die vulkanische Tätigkeit des Mondes noch nicht völlig erloschen ist, sondern daß auf dem Mond noch ab und zu Gasausbrüche erfolgen und als Leuchterscheinungen auf der Erde sichtbar werden. Dieser Erklärungsversuch wird durch die Beobachtung gestützt, daß die lunaren Leuchterscheinungen eine auffällige Häufung zur Zeit des Perigäums der Mondbahn zeigen, eine Erscheinung, die als Middlehurst-Effekt bekannt ist (7). Man nimmt an, daß die im Perigäum stärker wirkende Erdanziehung die unter der Mondoberfläche vorhandenen Magmaherde in Bewegung bringt, wodurch Spalten in den oberflächennahen Schichten des Mondes aufbrechen und Gas aus den Magmaherden nach oben dringt. An dem entweichenden Gas streut sich das Sonnenlicht,

was nach Ansicht von C. Leinert zur „Aufhellung“ der Mondoberfläche führt (6). Die lunaren Leuchterscheinungen wären also gewissermaßen Äußerungen der post-vulkanischen Epoche des Mondes.

Man könnte drittens auch versucht sein, die lunaren Leuchterscheinungen durch gewöhnliches thermisches Leuchten zu erklären. Die leuchtenden Stoffe müßten dann zeitweise hohe Temperaturen annehmen und dabei sichtbare Strahlung aussenden. Es könnte sich um Stoffe handeln, welche durch Sonnenbestrahlung heiß werden. Man könnte aber auch an radioaktiv aufgeheizte Stoffe oder an Stoffe aus dem möglicherweise noch nicht ganz abgekühlten Mondinnern denken. J. Green (8) stellt in einer Tabelle „Mögliche vulkanische Erscheinungen auf dem Mond“ (Possible volcanic resources of the moon) folgende Erhitzungsvorgänge zur Diskussion:

Vulkane	(Volcanoes)
Gasausbrüche	(Fumaroles)
Wärmeableitung, Schattenzonen, Dauerfrost	(Heat sink areas, shadow zones permafrost)
Geothermisch aktive Gebiete	(„Geo“ thermally active areas)
Natürliche Aufspeicherung der Sonnenhitze in ost-west ausgerichteten Brüchen	(Naturally focussed solar heat in east-west equatorial fractures)

Die Gründe, die gegen ein thermisches Leuchten sprechen, hat Z. Kopal (3) angeführt. Beispielsweise besitzen die lunaren Leuchterscheinungen keine kontinuierlichen Spektren, vielmehr scheint ihre Emission auf breite Bänder im gelben und roten Spektralbereich beschränkt zu sein, was sehr für Lumineszenzleuchten spricht. Trotzdem sollte man thermisches Leuchten als Erklärungsmöglichkeit für lunare Leuchterscheinungen nicht völlig ausschließen.

Um nun wieder auf die beiden ersten Erklärungsversuche zurückzukommen, so vermißt man bei diesen genauere Überlegungen über die Stoffe, welche lunare Leuchterscheinungen hervorrufen. Von den Vertretern der Lumineszenztheorie hätte man erwarten können, daß sie eingehender über mögliche Luminophore des festen Mondbodens diskutieren. Über derartige Diskussionen wurde jedoch nur wenig veröffentlicht, obwohl es viele lumineszierende Minerale und festen Stoffe gibt, die man hätte vorschlagen können. M. N. Mironova (4) (9), die bei spektral-photometrischen Untersuchungen in der Nähe von Aristarch kurzzeitige Helligkeitssteigerungen in den Bereichen um 425 nm und 505 nm beobachtete, bemerkte dazu, daß Scheelit = CaWO_4 Lumineszenz bei Wellenlängen um 430 nm aufweist. Scheelit ist ein Wolfram-Mineral, das auf der Erde vor allem in Zinnsteingängen vorkommt. Weiter ergaben Laboratoriumsversuche von C. J. Derham und J. E. Geake (4) (10), daß bei der Bestrahlung von Achondriten (chondrenfreien Steinmeteoriten) mit Protonen eine deutliche Lumineszenz mit einem hohen Maximum um 670 nm bei einer Halbwertsbreite von 90 nm auftritt. Die Lumineszenzstrahlung liegt also im Rot und Infrarot. Man bringt sie mit der rötlichen Farbe in Verbindung, die viele Leuchterscheinungen auf dem Mond zeigten. Damit sind die bekanntgewordenen Überlegungen über mögliche Luminophore des festen Mondbodens aber auch schon fast erschöpft.

Von den Autoren dagegen, welche Gasausbrüche für die lunaren Leuchterscheinungen verantwortlich machen, hätte man sich Mutmaßungen über die Art der aus dem Mondinnern entweichenden Gase gewünscht. Die oben zitierte Angabe, daß sich das Sonnenlicht an dem austretenden Gas streut und dadurch die Mondoberfläche „aufhellt“, ist völlig ungenügend. Brauchbarer ist schon der Hinweis von J. Hopmann (11) auf hochverdünnte Gase, die durch geringe elektrische Anregungen zum Leuchten gebracht werden. Aber auch J. Hopmann sieht sich zu der Frage veranlaßt „Welche Gasmassen und Gasarten?“

Wichtige Beobachtungen stammen von N. A. Kosyrew (12) (13) (14), der vom 4. 11. 1958 ab mehrere Leuchterscheinungen am Zentralberg des Alphonsus und im Aristarch spektroskopisch verfolgen konnte. Aus den Emissionslinien der Spektrogramme vom Zentralberg des Alphonsus schloß N. A. Kosyrew auf Kohlenstoff, aus denen im Aristarch auf molekularen Wasserstoff.

Bei der Leuchterscheinung im Alphonsus bezweifelt allerdings P. Swings (15), daß die rötliche Farbe auf die Swan-Bande von C_2 hinweist. Er deutet die rötliche Farbe vielmehr als Fluoreszenz der Banden von NH_2 (nicht von Ammoniak = NH_3 , Anmerkung des Verfassers). Die kräftigste Bande von NH_2 liegt nahe bei 630 nm. P. Swings zitiert auch eine Stelle aus dem Time Magazine, in der auf die Schwierigkeiten hingewiesen wird, die ausströmendes Ammoniakgas Mondforschern bereiten könnte.

Zu der zweiten Beobachtung (in Aristarch) schreibt N. A. Kosyrew in einem Brief vom 28. 12. 1963 an das Lowell-Observatorium (15): „Ich habe keinen Zweifel, daß die beobachteten Erscheinungen Ausbrüche von Gas waren, welches mit großer Wahrscheinlichkeit als molekularer Wasserstoff identifiziert werden kann, da sein Spektrum einige helle Banden im Rot und im Orange hat.“

Eine Übersicht über die bisher mit lunaren Leuchterscheinungen in Verbindung gebrachten Spektrallinien und über deren Deutungsmöglichkeiten gibt J. Green (8). Hier seine „Tabelle 4“:

Spektrallinien, die möglicherweise für die Mondforschung Bedeutung haben

Wellenlänge in Angström		Element oder Verbindung	Vermutliches Vorkommen	Literaturnachweis
3100		Schwefel	Vulkan. Ablagerung im NW (?) von Herodot, Wood'scher Fleck	Wood (1910)
3950		Silikate (?)	Allgemein	Spinrad (1964)
4634		Wasserstoff	Boden von Aristarch	Kosyrew (1964)
4727		Kohlenstoff	Zentralberg von Alphonsus	Kosyrew (1958)
3902 3914 3920	+	Wasserdampf	Gasausbrüche des Mondes (?)	
6010	×	Haloide (NaCl)	Strahlensystem von Kepler (?)	Green (1965)
6725	×	Enstatite ($MgSiO_3$) in Verbindung mit Oldhamiten (CaS) ?	Strahlensystem von Kepler (?)	Kopal und Rackham (1964)

+ Beobachtung nur von bemannten, die Erde oder den Mond umkreisenden Raumfahrzeugen aus möglich, da atmosphärische Störungen.

× Auch Wellenlänge 2780 Å (Oberflächenmaterial von Bristol Lake, Californien)

×× Andere Wellenlängen im Tieftrot möglich. Z. B. leuchtet $(NH_4)_2SO_4$ stark bei 6970 Å, wenn es mit 2370 Å bestrahlt wird. Mossop berichtete 1965, daß er Mikroteilchen dieser Verbindung in der Stratosphäre wiederfand. Die Strahlungseigenschaften von $(NH_4)_2SO_4$ können jedoch sehr verschieden sein, je nachdem ob die Verbindung 1) als Mascagnit in Mineralform, 2) als stratosphärische Teilchen unbekannten Ursprungs oder 3) als Reagenssubstanz vorliegt.

Über die UV-Strahlung der Mondoberfläche ist wenig bekannt. Die Bestrahlung vulkanischer Substanzen bei 1216 Å (Lyman) und bei 3100–3200 Å wird z. Z. in den Douglas Advanced Research Laboratories untersucht.

Ferner führt J. Green in seiner „Tabelle 5, Absatz V“ (Fumarolic Gases) die Gase an, die möglicherweise bei vulkanischen Vorgängen dem Mond entströmen.

Wasserdampf = H_2O	(Water vapor)
Sauerstoff = O	(Oxygen)
Wasserstoff = H	(Hydrogen)
Stickstoff = N	(Nitrogen)
Sumpfgas = CH_4	(Methane)
Schwefelwasserstoff = H_2S	(Hydrogen sulfide)
Schwefeldioxyd = SO_2	(Sulfur dioxide)
Radon = Rn (?)	(Radon (?))
Chlorwasserstoff = HCl	(Hydrogen chloride)
Kohlensäure = CO_2	(Carbon dioxide)
Kohlenoxyd = CO	(Carbon monoxide)

Viele der angeführten Gase kommen allerdings als Erklärung für lunare Leuchterscheinungen kaum in Frage.

Nun lassen die bisherigen Erklärungsversuche vor allem die überraschende Vieltalgigkeit außer Betracht, die bei den lunaren Leuchterscheinungen hinsichtlich Farbe, Größe, Zeitdauer und Bewegungszustand herrscht und die sicher nur zu einem Teil durch Beobachtungsfehler erklärbar ist. Diese bisher nicht genügend beachtete Vieltalgigkeit sei hier noch etwas genauer beschrieben.

Was zunächst die Farbe betrifft, so zeigen die Leuchterscheinungen oft rötliche Färbung. Schon F. W. Herschel sah am 18. 4. 1787 bei Aristarch rötliche Stellen, die „wie langsam brennende und dünn mit Asche bedeckte Holzkohle“ aus-sahen (3). Auch der erfahrene Mondbeobachter J. A. Greenacre hatte am 30. 10. 1963 bei der Beobachtung einer Leuchterscheinung nahe Aristarch den Eindruck, „in einen großen, glänzenden, rubinroten Edelstein hinein, aber nicht hindurch ge-sehen zu haben“ (3). Selbst eine am 1./2. 11. 1963 von Z. Kopál und W. Rackham photographisch bei Kepler festgehaltene Leuchterscheinung war rot, zumindest erschien die Aufhellung nur auf den Rotaufnahmen, nicht auf den Grünauf-nahmen (3).

Im Gegensatz hierzu sah J. Hopmann (1) am 8. 4. 1965 gerade ein grünes Auf-leuchten, und zwar bei Censorinus. Neben rot und grün wird von den Beobach-tern aber vielfach auch gelb oder weiß als Farbe der Leuchterscheinungen ange-geben. Ferner werden orange, blau, violett, purpur und grau genannt (16) (17), außerdem alle nur möglichen Zwischenfarben. Bezeichnend ist, daß in ein und der-selben Mondgegend die verschiedensten Farben aufleuchten. So verzeichnet die folgende Tabelle die Farben einiger in und um Aristarch beobachteter Leucht-erscheinungen. Die Tabelle (S. 37) fußt auf einer Zusammenstellung von F. L. Boschke (18), sie wurde vom Verfasser (16) ergänzt.

Weitere bei Aristarch beobachtete Farben sind rötlich-blaßrot, rötlich-orange, rubinrot, purpur-blau, tief-violett und kräftig-blau (15). Bemerkt sei zu der Tabelle noch, daß sich östlich von Aristarch auch der schon in der Tabelle von J. Green erwähnte Wood'sche Fleck befindet, der von manchen Autoren der Veränderlich-keit bezichtigt wird. R. W. Wood hatte 1910 durch Filteraufnahmen gefunden, daß diese Stelle des Mondes fast kein ultraviolette Licht ausstrahlt. Versuche ergaben,

Tabelle

Datum	Beobachter	Farbe
4. 5. 1783	F. W. Herschel	rot
19./20. 4. 1787	F. W. Herschel	rot
März/Mai 1789	J. E. Bode	rötlich
4./7. 2. 1821	W. Olbers et al.	rötlich
27. 1. 1824	D. W. Göbel	rötlich
22. 2. 1931	Joulia	rot und gelb
1931	W. Goodacre	bläulich
30. 3. 1933	Douillet	weiß
1945	W. H. Wilkins	bläulich
22. 1. 1959	D. Alter	glänzend - blau
26. 11. 1961	N. A. Kosyrew	weiß/blau
3. 12. 1961	N. A. Kosyrew	weiß/blau
20. 5. 1962	R. L. Wildey und Pohn	rötlich
5. 10. 1963	Scarfe	gelb/rot
30. 10. 1963	J. A. Greenacre und Barr	rotorange
27. 11. 1963	J. A. Greenacre und Barr	rubinfarben
5. 1. 1964	B. T. Doherty	purpurblau
Herbst 1965	USA (mehrere Beobachter)	rötlich
15. 4. 1967	J. Classen	weiß
21. 4. 1967	P. Darnell	tiefrot
15. 11. 1967	Eugene W. Cross	rot
13. 12. 1967	P. Jean	rötlich, violett
14. 3. 1968	Pan American Coll., Texas	weiß

daß schwefelhaltige vulkanische Asche dieselben Eigenschaften hat. Man hat deshalb Schwefel an dieser Stelle des Mondes vermutet (19) (20).

Was die Farbe Weiß betrifft, so tritt diese vor allem bei Leuchterscheinungen auf, die am aschgrauen Mondlicht sichtbar sind. Es hängt dieses damit zusammen, daß im aschgrauen Mondlicht bereits Leuchterscheinungen mit sehr geringer Strahlungsintensität bemerkt werden, die auf der Tagseite des Mondes längst nicht mehr wahrgenommen werden können. Die Beobachtung dieser schwachen Leuchterscheinungen erfolgt jedoch meist bei extrafovealem Sehen (Stäbchen-Sehen), bei dem Farben nicht erkannt werden. Möglicherweise sind aber die im aschgrauen Mondlicht sichtbaren Leuchterscheinungen tatsächlich manchmal weißlich. Dieses deutete beispielsweise eine verhältnismäßig helle Leuchterscheinung an, die der Verfasser am 15. 4. 1967 im unbeleuchteten Teil des Mondes bei Aristarch beobachtete und bei der nach Möglichkeit versucht wurde, sowohl extrafoveales als auch foveales, für Farben geeignetes Sehen (Zäpfchen-Sehen) durchzuführen. In allen Farben blieb die Farbe der Leuchterscheinung „rein-weiß“ (16). Auch O. Günther (4) gibt an, daß bei der Beobachtung von Aristarch auf der Nachtseite des Mondes unter günstigen Umständen foveales Sehen mitwirkt.

Sehr verschieden sind ferner die Größenabmessungen der lunaren Leuchterscheinungen. Oft sind letztere so klein, daß von den Beobachtern von „Lichtpunkten“ oder von „sternähnlichen Objekten“ gesprochen wird. Die am 29./30. 10. 1963 von J. A. Greenacre und E. Barr bei Aristarch beobachteten rötlich-orangefarbenen Flecken hatten auf dem Mond eine Ausdehnung von $2,4 \times 2,4$ km und $2,4 \times 8$ km, ein drittes rubinfarbenes Gebiet war $2,4 \times 18$ km groß. Auch am 27. 11. 1963 sahen die gleichen Beobachter einen $2,4 \times 19$ km großen Fleck (21) (22) (23). Andererseits kommen jedoch sehr große Leuchterscheinungen vor. Beispielsweise waren die von Z. Kopal und W. Rackham am 1. 2. 11. 1963 bei Kepler fotografierten rötlichen Aufhellungen nach J. Hopmann (1) $10\,000\text{ km}^2$ groß. Z. Kopal (3) selbst gibt

50 000 Quadratmeilen an, ein anderer Bericht spricht von über 60 000 km² (24). Die größte örtlich begrenzte Leuchterscheinung, die bisher beobachtet wurde, war eine von Pierette Jean am 2. 4. 1968 bemerkte „Gaswolke“. Sie war am Nordstrand des Mondes im Gebiet von Clostratus im unbeleuchteten Teil des 4 Tage alten Mondes sichtbar und hatte eine Ausdehnung von nicht weniger als $\frac{1}{4}$ des Monddurchmessers (17), was mehreren 100 000 km² entspricht. Würden letztere Angaben nicht von einer so erfahrenen Beobachterin wie Pierette Jean stammen, man würde sie wahrscheinlich als unglaublich zurückweisen.

Große Unterschiede bestehen auch hinsichtlich der Zeitdauer der lunaren Leuchterscheinungen. Auf der einen Seite wird von kurzen „Lichtblitzen“ berichtet, so beispielsweise von Pierette Jean, die am 11. 9. 1967 nahe dem Krater Sabine gelbe Flecke bemerkte, und zwar im einen Falle für Bruchteile einer Sekunde, im anderen Falle für einige Sekunden (16). Natürlich ist möglich, daß bei der Wahrnehmung dieser feinen Eindrücke auch die Luftbeschaffenheit einen Einfluß ausübte. Auf der anderen Seite erschienen nach J. Hopmann (11) im einzelnen Mondkratern graue Gasmassen, die ein bis zwei Tage lang sichtbar waren. Möglicherweise ist letzteres noch nicht einmal die längste Zeitdauer bei lunaren Leuchterscheinungen. Gewisse Beobachtungen deuten darauf hin, daß größere Leuchterscheinungen zuweilen viele Tage andauerten (16).

Was schließlich noch den Bewegungszustand der lunaren Leuchterscheinungen betrifft, so zeigen letztere meist keinerlei Ortsveränderung. Es wurden aber auch schon Flecke auf dem Mond beobachtet, die sich bewegten. Es kann sich dabei um Körper gehandelt haben, die als Meteoriten oder als irdische Flugkörper vor dem Mond vorüberflogen. Möglicherweise waren einige dieser bewegten Flecke aber auch lunare Leuchterscheinungen. So beobachtete Pierette Jean am 11. 9. 1967 im Mare Tranquillitatis einen dunklen Fleck von rechteckiger Gestalt, der sich von West nach Ost bewegte und nahe der Lichtgrenze verschwand. Wenige Minuten später blitzten bei dem Krater Sabine die gelben Flecke auf, von denen oben schon die Rede war. Kleine rötliche Funken mit einer geringen Bewegungstendenz („with a downward flowing motion toward the north and east“) beobachtete J. A. Greenacre (15) bei der schon erwähnten Leuchterscheinung nahe Aristarch vom 30. 10. 1963.

Alle diese auffallenden Unterschiede in den Farben, den Größenabmessungen, der Zeitdauer und dem Bewegungszustand der lunaren Leuchterscheinungen haben dazu geführt, daß man verschiedene Arten von Leuchterscheinungen unterschied. J. Hopmann (11) nennt sechs derartige Arten:

1. Das Aufleuchten kleiner Stellen in meist rötlicher Farbe.
2. Graue Gasmassen, die einzelne Krater ausfüllen und vor allem im Perigäum des Mondes auftreten (Middlehursteffekt).
3. Das Aufleuchten großer Flächenstücke des Mondes.
4. Unregelmäßige Helligkeitsschwankungen des Vollmondes bis zu $\pm 20\%$.
5. Änderungen in der Sichtbarkeit des verfinsterten Mondes bei totalen Mondfinsternissen (Danjoneffekt).
6. Lumineszenz auf der Mondoberfläche im Halbschatten totaler und partieller Mondfinsternisse (Linkeffekt).

An anderer Stelle (1) teilt derselbe Verfasser die lunaren Leuchterscheinungen in drei Arten ein:

- A. Gasausbrüche bei einzelnen Kratern.
- B. Allgemeine Lumineszenz.
- C. Aufleuchten mehr oder weniger großer Flächen.

In beiden Einteilungen werden einesteils Gasausbrüche und andernteils Lumineszenzvorgänge des festen Mondbodens für die lunaren Leuchterscheinungen verantwortlich gemacht. Im folgenden sei eine etwas andere Deutung vorgeschlagen. Es werde nämlich angenommen, daß sich die Lumineszenzvorgänge nicht wie bisher vorausgesetzt auf dem festen Mondboden abspielen, sondern daß sie in den Gasen stattfinden, die dem Mond entströmen. Unter diesen Voraussetzungen lassen sich viele Beobachtungsfakten wesentlich leichter erklären. Beispielsweise ereignen sich die lunaren Leuchterscheinungen stets an immer neuen Stellen der Mondoberfläche. Würden sie von einer Lumineszenz des festen Mondbodens herrühren, so sollten sie mehr oder weniger ortsgebunden sein. Ferner sei an die vielen Farben erinnert, welche die Leuchterscheinungen hatten, selbst wenn sie in einem und demselben Gebiet der Mondoberfläche wie beispielsweise in der Nähe von Aristarch stattfanden. Um alle diese Farben durch eine Lumineszenz des festen Mondbodens zu erklären, müßte man die verschiedenartigsten, eng nebeneinanderliegenden Luminophore voraussetzen. Das aber wäre aus mineralogisch-geologischen Gründen nicht recht glaubwürdig. Erwähnt seien in diesem Zusammenhang auch jene Leuchterscheinungen, an denen Bewegungstendenzen beobachtet wurden. Auch dieses Phänomen ist nicht erklärbar, wenn man eine Lumineszenz des festen Mondbodens voraussetzt.

Im einzelnen sei davon ausgegangen, daß zur Zeit noch eine geringfügige Entgasung des Mondes im Gange ist. Früher war diese Entgasung sicherlich sehr erheblich, ein Teil der jetzigen Mondkrater ist möglicherweise durch jene frühere Entgasung entstanden. Die eben vorausgesetzte Restentgasung des Mondes ist demgegenüber bedeutungslos. Sie besteht darin, daß hin und wieder an bestimmten Stellen der Mondoberfläche minimale Mengen der verschiedenartigsten Gase und Gasgemische ins Freie treten.

Diese Gase können sich auf zweierlei Weise bemerkbar machen; erstens indem sie dem Beobachter durch Absorption oder Streuung die Durchsicht auf die Mondoberfläche verschleiern und zweitens indem sie lumineszieren. Im ersten Falle erscheinen sie im Fernrohr als „graue Gasmassen“. Oft vermerken die Beobachter in ihren Berichten die schwierige Sichtbarkeit bestimmter Einzelheiten auf dem Mond, die sie früher mit dem gleichen Instrument bequem sahen. Viele Fälle dieser Art dürften auf Gasmassen zurückzuführen sein, welche den Mond an den betreffenden Stellen bedeckten und von jener Restentgasung des Mondes herührten, die hier zur Diskussion gestellt wird.

Auch andere Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, daß zuweilen Gasmassen auf der Mondoberfläche vorhanden sind und hindurchgehendes Licht durch Absorption oder Streuung schwächen. So nahm man bisher an, daß Fixsterne bei Bedeckungen durch den Mond immer momentan hinter dem Mondrand verschwinden. Nun wurden von der Sociedad Astronomica de Valparaiso in den letzten sieben Jahren etwa 400 Sternbedeckungen beobachtet. Dabei trat in 22 Fällen eine allmähliche Abschwächung in der Helligkeit der Fixsterne ein, die 1 bis 3 Sekunden vor der Bedeckung durch den Mond begann (Briefliche Mitteilung von Rafael Capdeville Celis, Casilla No. 1914 — Valparaiso, Chile).

Was die zweite Möglichkeit betrifft, in der die Gase durch Lumineszenzvorgänge sichtbar werden, so kann die Lumineszenz durch Licht ausgelöst werden, welches auf die Gase auftrifft und an diesen Photolumineszenz hervorruft. Es kann sich aber auch um Chemilumineszenz, um Thermolumineszenz oder um andere Formen der Lumineszenz handeln. Begünstigt wird das Eintreten derartiger Lumineszenzvorgänge durch das Vakuum, das auf dem Mond herrscht, denn Vakuum wirkt lumineszenzfördernd. Außerdem ist die Atmosphärenlosigkeit des Mondes auch deshalb von Vorteil, weil dadurch alle nur denkbaren Strahlenarten die

Mondoberfläche erreichen können. Günstig für Lumineszenzvorgänge sind auch die großen Verdünnungsgrade, welche die Gase bald nach ihrem Austritt aus dem Mondinnern annehmen, denn gerade bei sehr kleinen Gasmengen tritt Lumineszenz ein. Es braucht also kein häufiges Vorkommen der betreffenden Gase auf dem Mond angenommen zu werden. Und schließlich bewirken die auf der Mondoberfläche meist herrschenden tiefen Temperaturen, daß die Zahl der lumineszierenden Stoffe „unübersehbar groß“ (25) wird. Durch dieses alles ist Tür und Tor geöffnet, daß die auf dem Mond entstehenden Leuchterscheinungen hinsichtlich Farbe, Größe, Zeitdauer und Bewegungszustand in der verschiedenartigsten Weise variieren.

Wesentlich bei dem neuen Erklärungsvorschlag ist, daß die lunaren Leuchterscheinungen nicht mehr auf zwei voneinander völlig unabhängige Naturprozesse zurückgeführt werden, auf Ausbrüche von Gas und auf Lumineszenzvorgänge des festen Mondbodens. Vielmehr entstehen die luminaren Leuchterscheinungen jetzt durch einen einzigen Naturprozess, durch die Restentgasung des Mondes. Allerdings bewirkt diese Restentgasung zweierlei, nämlich Verschleierung der Mondoberfläche und Lumineszenzvorgänge innerhalb der Gase.

Der neue Erklärungsvorschlag ist zur Deutung fast aller jener örtlich begrenzten Leuchterscheinungen geeignet, die oben beschrieben wurden. Darüberhinaus gibt es möglicherweise noch ein allgemeines „Eigenleuchten“ der Mondoberfläche, das ebenfalls gewisse Schwankungen aufweist. Es beruht vielleicht auf einer über den ganzen Mond sich erstreckenden Lumineszenz des festen Mondbodens. Eine derartige allgemeine Lumineszenz des Mondes wäre nicht überraschend, denn Fluoreszenz soll „eine Eigenschaft fast aller bekannten Stoffe“ (26) sein (Fluoreszenz = Parallelleuchten, Phosphoreszenz = Nachleuchten, beides jetzt meist zusammengefaßt als „Lumineszenz“). Die Schwankungen in der allgemeinen Lumineszenz des Mondes entstanden dann durch Intensitätsschwankungen der Strahlung, welche die Lumineszenz anregt.

Weitere Helligkeitsschwankungen des Mondes haben ihre Ursache wahrscheinlich in der veränderlichen Beleuchtung des Mondes durch die Sonne. Dieses betrifft beispielsweise jene von J. Hopmann (1) (11) erwähnten unregelmäßigen Schwankungen in der Flächenhelligkeit des Vollmondes. Dagegen beruht die bei totalen Mondfinsternissen von Finsternis zu Finsternis verschiedene gute Sichtbarkeit des verdunkelten Mondes auf den meteorologischen Verhältnissen jener Teile der Erdatmosphäre, die das Sonnenlicht durchsetzt, bevor es durch die Refraktion in den Kernschattenkegel der Erde gelangt. Die Schwankungen in der Helligkeit des aschgrauen Mondlichtes wiederum gehen auf die Reflexionseigenschaften der Erde zurück, die sich je nach den atmosphärischen Verhältnissen der letzteren ändern.

Im folgendem sei nun die oben angenommene Restentgasung des Mondes noch etwas genauer untersucht. Das ist beispielsweise durch eine Diskussion über lumineszierende Gase möglich. Welche gasartigen Stoffe lumineszieren nämlich in einer Art und Weise, daß sich damit die lunaren Leuchterscheinungen erklären lassen?

Außer den oben schon angeführten Vorschlägen von N. A. Kosyrew, P. Swings und J. Green kann man beispielsweise an die Dämpfe von Quecksilber = Hg und Jod = I denken. Wird Quecksilberdampf mit genügend kurzwelligem Licht bestrahlt oder durch eine elektrische Ladung angeregt, so leuchtet er in grünblauer Farbe. Und zwar wird die Lichterscheinung von dem strömenden Dampf mitgeführt, so daß man es mit einer Art Phosphoreszenz zu tun hat. Wahrscheinlich sind Hg₂-Moleküle die Träger des Leuchtens (27).

Was Joddampf betrifft, so entsteht bei diesem eine gelbgrüne Fluoreszenz, wenn man ihn bei Zimmertemperatur mit weißem Licht bestrahlt. Dabei stimmt das

Fluoreszenzspektrum mit dem Absorptionsspektrum überein. Joddampf selbst besitzt violette Eigenfarbe. Er könnte also die graue Färbung erzeugen, die man bei manchen Leuchterscheinungen beobachtet (27).

Wichtig ist vor allem die Chemilumineszenz gasförmiger Stoffe (28). Hier wäre an erster Stelle Stickstoff = N zu nennen. Bei dem Zusammentreten aktiven Stickstoffs mit den Dämpfen bestimmter fester Körper treten auffallende flammenartige Erscheinungen ein, indem die Umgebung des verdampfenden Körpers in eigentümlicher Farbe und manchmal großer Helligkeit aufleuchtet. So gibt beispielsweise Jod eine blaue Flamme, Natrium eine gelbe und Thallium eine grüne. Es treten jeweils die Spektren der betreffenden Stoffe auf. Halogenide zeigen ihre Verbindungsspektren. Nähme man also an, daß bei der Restentgasung des Mondes aktiver Stickstoff austritt und bei seiner Ausbreitung über die Mondoberfläche mit Dämpfen von Jod, Natrium, Thallium und dergleichen in Berührung kommt, so ließe sich ein großer Teil der bei den lunären Leuchterscheinungen auftretenden Farben erklären.

Über die Natur des aktiven Stickstoffs ist noch nichts Sicheres bekannt. In Betracht käme atomarer Stickstoff = N, ferner N_3 oder angeregtes N_2 . Als Ursache der Aktivierung könnte radioaktive Strahlung aus den Gesteinen des Mondes oder kosmische Strahlung aus dem Weltraum angenommen werden. Es sei noch bemerkt, daß N_2 meist auch unter den Gasen ist, die irdischen Vulkanen entströmen (29).

Ähnliche Eigenschaften wie Stickstoff zeigt Ozon = O_3 , denn bei dessen Zerfall ($2O_3 \rightarrow 3O_2$) tritt ebenfalls ein Leuchten ein. Dieses Leuchten verschwindet um so mehr, je reiner das Ozon ist. Es wird durch Beimengungen von Luft, Leuchtgas und besonders von Kohlendioxyd = CO_2 oder Stickstoffmonoxyd = NO hervorgerufen. Ebenso werden beigemischte Dämpfe zum Leuchten erregt. Beispielsweise leuchtet Schwefel blau, Jod gelbrot, Stickstoff gelb und Thallium grün (28).

Auch aktiver Wasserstoff = H, der durch elektrische Entladung in molekularem Wasserstoff entsteht, könnte zur Erklärung der lunaren Leuchterscheinungen in Betracht gezogen werden. Der aktive Zustand äußert sich wie beim aktiven Stickstoff und beim Ozonzerfall vor allem durch Selbstleuchten des Gases. Auch beim aktiven Wasserstoff läßt sich die Energie auf andere Atomarten übertragen. Ein Stückchen Natriummetall erhitzt sich im Strom des aktiven Wasserstoffs in kurzer Zeit so weit, daß es zu verdampfen beginnt, wobei helles gelbes D-Leuchten des Dampfes eintritt. Quecksilber entwickelt eine blaue Flamme, auch Zinksulfidphosphore werden zum Leuchten erregt. Es ist sichergestellt, daß aktiver Wasserstoff atomarer Wasserstoff ist. Letzterer bildet sich bei genügender Gasdichte leicht zu molekularem Wasserstoff um (28).

Bei den bisher angeführten, sehr einfach gebauten Dämpfen und Gasen handelt es sich meist um solche, deren Vorkommen auf dem Mond mit einiger Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden kann. Es sei nun noch auf eine Reihe gasförmiger Stoffe hingewiesen, welche zwar ebenfalls lumineszieren, die aber mit geringerer Wahrscheinlichkeit auf dem Mond vorkommen beziehungsweise die zu ihrer Lumineszenz Bedingungen benötigen, die auf dem Mond kaum verwirklicht sind.

Da ist beispielsweise das explosible Gas Chlorazid = N_3Cl , das bei etwa 2 mm Druck und etwa 400 °C zu ruhiger Zersetzung gebracht werden kann und dann rot leuchtet (28). Sein Vorkommen auf dem Mond ist allerdings besonders unwahrscheinlich.

Zu den Gasreaktionen gehört auch das schwach-bläuliche Leuchten des Phosphors = P. Dieses ist stets in einem Abstand vom festen Phosphor zu sehen, denn es vollzieht sich in den Dämpfen des letzteren (28). Allerdings ist zur Ent-

stehung des Leuchtens Sauerstoff nötig, der auf dem Mond zwar vorkommt (30), aber nur in gebundener Form.

Eine „sehr helle Lumineszenz“ geben schließlich auch Metaldämpfe, wenn sie bei genügender Verdünnung mit Halogenen reagieren. Die Lichtemission besteht dann aus dem Linienspektrum der Metalle (28). Man hätte beispielsweise anzu-nehmen, daß sich Dämpfe von Natrium, Kalium, Lithium, Rubidium oder Cäsium auf der Mondoberfläche ausbreiten und hier mit Fluorgas, Chlorgas, verdampfendem Jod oder (was unwahrscheinlich) verdampfendem Brom zusammentreffen. Unter den besonderen Verhältnissen des Mondes lassen sich alle diese Möglichkeiten nicht völlig ausschließen, obwohl manche der angeführten Stoffe auch auf dem Mond selten sein dürften. Letzterer Umstand braucht allerdings kein Nachteil zu sein, denn Lumineszenzvorgänge laufen wie gesagt dann am wirkungsvollsten ab, wenn sich die Stoffe in großer Verdünnung befinden, nicht aber wenn sie häufig sind und eine hohe Konzentration besitzen.

Ob nun unter den angeführten gasartigen Stoffen tatsächlich diejenigen sind, die mit ihrer Lumineszenz die lunaren Leuchterscheinungen hervorbringen, wird wahrscheinlich in den nächsten Jahren durch Astronauten an Ort und Stelle geklärt. Trotzdem war die obige Untersuchung sicherlich nicht unnütz, denn Astro-nauten müssen schon im voraus wissen, mit was für Verhältnissen sie auf dem Mond zu rechnen haben. Sie können danach ihre Vorbereitungen treffen und sich insbesondere auf mögliche Gefahren einrichten.

Literatur

- (1) Hopmann, J.: Sitz.-Ber. Österr. Akad. d. Wiss. II, 174, 8–10, 620–630 (1965)
- (2) Kopal, Z.: Icarus 3, 78 (1964)
- (3) Kopal, Z.: Sterne u. Weltraum 5, 3, 56 (1966)
- (4) Günther, O.: Die Sterne 42, 1/2, 1 (1966)
- (5) Matsushima, S.: Nature 213, 481 (1967)
- (6) Leinert, C.: Sterne u. Weltraum 6, 10, 231 (1967)
- (7) Middlehurst, B. M., und P. A. Moore: Science 155, 449 (1967)
- (8) Green, J.: Volcanological Factors in the Selection of the Lunar Base. 1968
- (9) Mironova, M. N.: Physik des Mondes und der Planeten (russ.) Kiew 1964
- (10) Derham, C. J. und J. E. Geake: Nature 201, 62 (1964)
- (11) Hopmann, J.: Unerklärte Leuchtphänomene auf dem Mond. Pavia 1967
- (12) British Astronomical Association, Cirkular 405, 1958
- (13) Documentation des Observateurs, Carte d' Information Accélérée, Nr. 39. 25. 12. 1958
- (14) I.A.U. Symposium Nr. 14, London 1962
- (15) Lunar Color Phenomena, ACIC Technical Paper No. 12, St. Louis, May 1964
- (16) Classen, J.: Die Sterne 44, 7/8, 141 (1968)
- (17) Classen, J.: Die Sterne 45, 1/2, 9 (1969)
- (18) Boschke, F. L.: Erde von anderen Sternen. Düsseldorf – Wien 1965
- (19) Hdb. d. Astrophys.: IV, 402, Berlin
- (20) v. Bülow, K.: Sterne und Weltraum 4, 2, 38 (1965)
- (21) Die Umschau 64, 10, 293 (1964)
- (22) Sky and Telescope 26, 316 (1963)
- (23) Sky and Telescope 27, 3 (1964)
- (24) Sky and Telescope 27, 140 (1964)
- (25) Pohl, R. W.: Einführung in die Optik, 275, Berlin 1941
- (26) Der große Brockhaus, 6, 358 (1930)
- (27) Handw. d. Naturw. VI, 259 (1932)
- (28) Handw. d. Naturw. VI, 275 (1932)
- (29) Handw. d. Naturw. X, 331 (1935)
- (30) Green, J.: Abundances and Distribution of Elements, Table 7, February 1969

Ergebnisse der ersten beiden Mondlandungen im Apollo-Programm

Die USA haben bisher zwei bemannte Mondlandungen ausgeführt. Bei dem Unternehmen Apollo 11 setzte die Landefähre LM (Lunar Modul) im „Meer der Ruhe“ (Mare Tranquillitatis) auf, und die Fähre von Apollo 12 ging im „Ozean der Stürme“ (Oceanus Procellarum) nieder. Bei beiden Experimenten sammelten die Astronauten gezielt Bodenproben, die sie zur Erde zurückbrachten.

Durch die Untersuchung dieser Proben erhofften die Wissenschaftler zu neuen Erkenntnissen über die Entstehung des Mondes und die Bildung seiner Oberflächenformationen zu gelangen. Letztere unterscheiden sich grundsätzlich von denen der Erde. Durch die von Planetensonden zur Erde gefunkten Bilder der Oberflächengestalt des äußeren Nachbarplaneten, des Mars, konnte erkannt werden, daß auch bei diesem Planeten mondähnliche Grundstrukturen auftreten, d. h. kraterähnliche Vertiefungen der verschiedensten Größen prägen das Bild der Oberfläche.

Anfang Januar 1970 fand in Houston, Texas, ein wissenschaftliches Symposium statt, auf dem in 142 Vorträgen die einzelnen an der Untersuchung beteiligten Gruppen von Wissenschaftlern die Ergebnisse ihrer Forschungen bekanntgaben. Die Ergebnisse wurden diskutiert, erste neue Hypothesen aufgestellt und alte Hypothesen an Hand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse überprüft. Dabei lag nur das Mondbodenmaterial des Unternehmens Apollo 11 in der endgültigen Auswertung vor. Die Apollo-12-Proben werden z. Z. noch ausgewertet, allerdings liegen von der vorläufigen Auswertung, die im Lunar Receiving Laboratory in Houston, Texas, erfolgte, einige Ergebnisse vor.

Vorweggenommen sei das Ergebnis der bisherigen Diskussion über die Entstehung des Mondes und die Bildung seiner Oberflächenformationen. Es kann festgestellt werden, daß diese Fragen keineswegs klarer, sondern bedeutend verworrener geworden sind. Auch der alte Streit um die Entstehung der Mondkrater ist erneut mit aller Heftigkeit entbrannt. Wieder stehen sich die Vertreter der Meteoritenhypothese und der Vulkanhypothese gegenüber, jede der beiden Gruppen glaubt aus den Ergebnissen weitere Beweise für ihre Ansichten gefunden zu haben.

Im Folgenden eine Zusammenfassung der Bodenprobenuntersuchungen von Apollo 11. Die Landung erfolgte im Südwestteil des Mare Tranquillitatis bei 0°67' nördlicher Breite und 23°49' östlicher Länge, also rund 10 km südwestlich des Kraters Sabine D. Das Meer der Ruhe wird von verschiedenen hellen Strahlen durchzogen. Sie haben ihren Ausgangspunkt in den Kratern Theophilus, Alfaganus, auch vom Krater Tycho stammende Strahlen können hier noch nachgewiesen werden. Die Landestelle liegt zwischen zwei hellen Strahlen. An der Oberfläche konnten regellos verteilte Bruchstücke festgestellt werden, die verschiedene Größen haben. Die größten waren Felsbrocken bis zu 80 cm Durchmesser, die kleinsten waren Staubkörner. Diese „Trümmer“ bilden eine Art Schuttschicht an der Mondoberfläche. Oben ist diese Schicht porös und der Staub leicht aufwirbelbar. Nach der Tiefe hin ist das Material immer fester gepackt. Die größeren Steine und Brocken sind in das staubförmige Material eingebettet, die an der Oberfläche liegenden Steine haben meist abgerundete Form, die auf eine Erosionswirkung schließen läßt. Scharfe Kanten sind selten anzutreffen; wenn, dann liegen sie meist an der Unterseite der Steine, die sich in der Staubschicht befindet. Das vom Mond mitgebrachte Oberflächenmaterial kann man von der Struktur her in drei Gruppen einteilen:

Feinkörnige bis mittelkörnige, blasige kristalline magmatische Gesteinsbrocken.

Breccien; das sind Gesteine, die aus Bruchstücken verschiedener Gesteinsarten durch feinen „Mondstaub“ zusammengebacken sind.

Mondstaub, wozu alle Teilchen, die kleiner als 1 cm im Durchmesser sind, gerechnet werden.

Bei den kristallinen Brocken kann man magmatischen Ursprung feststellen. Sie enthalten magmatische Mineralien und Gaseinschlüsse, die auf Kristallisation einer Gesteinsmasse, die sich in flüssigem Zustand befunden hat, schließen lassen. Die hauptsächlich hier festgestellten Mineralien sind auch von der Erde als gesteinsbildendes Material bekannt. Die Verhältnisse der einzelnen Minerale unterscheiden sich aber von den irdischen. Es besteht etwa folgende Mineralzusammensetzung: 53 % Pyroxen, 27 % Plagioklas, 18 % undurchsichtige Stoffe, in denen Imiten und kleine Troilite vorkommen. Rund 2 % haben andere Zusammensetzung, wobei auch kleine Olivine vorkommen. Es sind weiterhin in den Proben Mineralien festgestellt worden, die es auf der Erde nicht gibt bzw. die noch nicht gefunden wurden.

Bei den Apollo-11-Proben ist in der chemischen Zusammensetzung, die im wesentlichen der der irdischen Gesteine entspricht, als auffälliges Merkmal ein relativ hoher Gehalt an Titan festgestellt worden. Auch seltene Erden wie Zirkonium, Hafnium und Itrium sind in den Basalten des Mondes in bedeutend größerem Maße anzutreffen als in irdischen. Der Mondbasalt ähnelt noch am stärksten den irdischen maritimen Basalten. Auch chemische Verbindungen

dungen, wie wir sie von der Erde her nicht kennen, sind gefunden worden, so z. B. Titan-Magnesium-Verbindungen und auch Verbindungen von Eisen-Titan und Zirkonium.

Die vorläufige Auswertung der chemischen und mineralogischen Analysen der Apollo-12-Bodenproben ergab wesentliche Unterschiede. Der hohe Anteil an Titan bestätigte sich nicht. Er lag bei diesen Proben sogar unterhalb des irdischen Durchschnittsgehaltes. Das Mineral Olivin, welches in den ersten Proben nur zu einem geringen Prozentsatz anzutreffen war, machte bei den letzten Proben sogar 15 Prozent des Gesamtgehalts aus. Auch in dem Anteil an Breccien sind wesentliche Unterschiede zu finden. Während die Apollo-11-Proben rund 50 Prozent Breccien enthielten, sind sie unter den Proben des letzten Fluges kaum zu finden.

Betrachtet man die Oberflächenstruktur der Gesteinsbrocken, so treten hier charakteristische Merkmale auf. An den nicht im Mondstaub eingebetteten Teichen sind zahlreiche trichterförmige Vertiefungen zu finden. Diese Vertiefungen zeigen einen glasartigen Überzug. Es dürfte kaum Zweifel daran bestehen, daß es sich hier um „Auftreffkrater“ von Mikrometeoriten handelt, die bei ihrem Aufschlag, der ja mit einer mittleren Geschwindigkeit von rund 40 km/s erfolgt, verdampft sind und dabei das Oberflächenmaterial ebenfalls geschmolzen haben; und es ist wieder sehr schnell erstarrt, wodurch der glasartige Überzug entstand. Die Astronauten brachten ferner Bilder kleinerer Krater bis zu etwa 1 m Durchmesser mit, die in ihrem Inneren ebenfalls glasähnliches Material zeigten. Auch diese Krater sind sicher von Meteoriten erzeugt worden.

Der Mondstaub besteht ferner zu rund 50 Prozent aus glasähnlichem Material, entweder in Form kleinster Kügelchen oder in unregelmäßiger Gestalt. Auch diese Teichen werden Produkte des Jahrmilliarden dauernden ungehemmten Einfalls von Meteoriten und Mikrometeoriten sein.

Sehr unwahrscheinlich und auch schon stark angegriffen ist die neu aufgestellte Theorie, daß unsere Sonne vor rund 100 000 Jahren einen „Mini-Novausbruch“ durchgemacht habe, bei dem das gesamte glasartige Material und die glasige Bodenstruktur der kleineren Mondkrater entstanden sei. Dieser Ausbruch soll nur wenige Minuten gedauert haben. Erstens ist so etwas nach den bisherigen Erkenntnissen der Astrophysik sehr unwahrscheinlich, und zum anderen hätte ein derartiger Ausbruch auch auf der Erde bestimmte Spuren hinterlassen bzw. Einflüsse gehabt, auch wenn die Erde durch ihre Atmosphäre geschützt ist.

Die Erosionswirkung auf dem Mond ist also vor allem auf Meteoriten zurückzuführen. Ferner wirkt neben der primären kosmischen Strahlung auch der Sonnenwind in starkem Maße auf die Oberfläche ein. Die Geröltschicht der Oberfläche ist also wie ein Schwamm mit Sonnenwind vollgeseigt. Bei massenspektrometrischen Untersuchungen fand man relativ große Mengen an Edelgasen, wobei das Mengen- und Isotopenverhältnis untersucht werden konnte. Daß dieser Edelgasanteil nicht bei der Entstehung des Planetensystems „eingeschlossen“ wurde, beweist die Tatsache, daß er in dem kristallinen, magmatischen Gestein nicht zu finden ist.

Auch die Altersbestimmungen des Mondgesteins führten zu überraschenden Ergebnissen. Bei den Apollo-11-Proben kam man auf ein Alter zwischen 4,5 und 3,5 Milliarden Jahren. (Die Ungenauigkeit ist auf die verwendeten Methoden zurückzuführen.) Gerade bei der Frage des Alters fand man bei den beiden Probenarten grundsätzliche Unterschiede. Die aus dem Ozean der Stürme mitgebrachten Proben ergaben eindeutig ein Alter von 2,5 Milliarden Jahren, sie sind also mindestens rund eine Milliarde Jahre jünger als die aus dem Meer der Ruhe.

Um die Frage entscheiden zu können, ob der Mond noch heute eine eigene seismische Aktivität besitzt, war schon durch die beiden Astronauten der Apollo-11-Besatzung, die den Mond betreten hatten, ein Seismometer aufgestellt worden. Eine genauere Analyse der Meßwerte dieses Instrumentes hatte aber ergeben, daß die von diesem Instrument gemeldeten Mondbeben in Wirklichkeit vom Instrument selbst erzeugt worden waren und damit unreal sind. Man führt das auf einen Defekt im elektronischen System dieses Gerätes zurück.

Beim Unternehmen Apollo 12 wurde deshalb ein weiteres Seismometer auf dem Mond aufgestellt. Zu seiner Eichung ließ man den Aufstiegsteil der Landefähre nach dem Umstiegen der Astronauten gezielt auf die Mondoberfläche abstürzen. Die Registrierung der durch den Absturz auftretenden Schwingungen ergab, daß sie erst nach rund 55 Minuten abgeklungen waren. Auf der Erde hätte ein derartig erzeugtes Beben kaum länger als wenige Minuten von entsprechend empfindlichen Geräten nachgewiesen werden können. Im Laufe der folgenden Zeit wurden weitere Beben mit ähnlich langer Schwingungsdauer registriert, die sehr wahrscheinlich auf Meteoriteneinfälle im Umkreis von weniger als 100 km Abstand zurückzuführen sind. Die erste theoretische Deutung besagt, daß der geröllähnliche Charakter des Oberflächenmaterials sich bis auf mehrere hundert Kilometer Tiefe ausdehnt.

Interessant sind auch die ersten Meßwerte des auf dem Mond aufgestellten Magnetometers. Frühere unbemannte Sonden hatten kein merkbares Eigenmagnetfeld des Mondes festgestellt. Das Apollo-12-Magnetometer zeigte jedoch Feldstärken von 30 bis 40 Gamma an (Erdmagnetfeld an der Oberfläche etwa 25 000 Gamma), also rund den 10-fachen Wert des normalen interplanetaren Magnetfeldes. Erst spätere Experimente, d. h. das Aufstellen von Magnetometern an verschiedenen anderen Punkten der Mondoberfläche, werden die Entscheidung der Frage

ermöglichen, ob es sich hier um ein allgemeines Restmagnetfeld, erzeugt durch die Bewegungen von flüssigem Material im Mondinneren, oder um ein lokales Magnetfeld, hervorgerufen durch größere Eisenmassen unter dem Standpunkt des Instrumentes, handelt.

Die wissenschaftliche Hauptaufgabenstellung der beiden Unternehmen betreffend, kann man zu folgenden Schlußfolgerungen kommen:

Erde und Mond sind kosmogonisch gesehen etwa zur gleichen Zeit entstanden.

Es dürfte als sicher gelten, daß der Mond nicht ein in frühem Stadium der Erdbildung herausgeschleudert Teil der Erde ist. Dafür spricht zumindest der Unterschied in einigen mineralogischen Strukturen.

Die Bildung von Erde und Mond erfolgte sehr wahrscheinlich als Doppelplanet. Unwahrscheinlicher ist, daß der Mond von der Erde „eingefangen“ wurde, obgleich es neue Theorien gibt, die aus dem geringeren Anteil an leichteren Elementen die Schlußfolgerung ziehen, daß der Mond als selbständiger Planet dichter an der Sonne entstanden ist und eine stark elliptische Bahn gehabt hätte, die zu seinem Einfang durch die Erde geführt hätte.

Die hauptsächlichsten Strukturen der Oberfläche des Mondes, die Mare, der größte Teil der Großkrater sowie Rillen und Gebirge sind infolge eigenständiger tektonischer Vorgänge entstanden und nicht allein durch den Aufschlag von Riesenmeteoriten. Ein bestimmter Anteil an Kratern, vor allem kleinere und kleinste Krater sind durch den Aufprall von Meteoriten und Mikrometeoriten entstanden.

Auf dem Mond hat es sehr wahrscheinlich nie Wasser gegeben (nur Vorkommen von reinem Eisen), die Erosion erfolgte nur durch Meteoriten, weshalb die ursprüngliche Oberflächen-gestalt nach der Erstarrung im wesentlichen erhalten blieb.

Auf dem Mond kann es niemals irgendwelche Form von Leben gegeben haben. Auf eine Quarantäne für die zukünftigen Astronauten wird deshalb verzichtet.

Aus dieser Zusammenfassung wird deutlich, daß diese Flüge vornehmlich eine Bestätigung der bisher von den meisten Wissenschaftlern vermuteten Vorstellungen gebracht haben, wobei, wie es beim Vorliegen jedes neuen Beobachtungsmaterials eintritt, neue Fragen und Probleme aufgetreten sind.

Aus der Literatur

Organische Verbindungen in Meteoriten

Unter der Einwirkung der kosmischen Strahlung können organische Verbindungen aus einfachen anorganischen entstehen. Dies wurde von dem bekannten sowjetischen Wissenschaftler Akademikmitglied Alexander Winogradow nachgewiesen. Er sowie andere sowjetische Spezialisten, die in einigen Meteoriten, die zu verschiedenen Zeiten auf der Erde aufgeprallt waren, komplizierte organische Stoffe wie Aminosäuren und Kohlenwasserstoffe entdeckten, haben eine Hypothese über deren anorganische Herkunft aufgestellt.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden im Moskauer Institut für Geochemie und analytische Chemie die Bedingungen des Kosmos imitiert. Mit Protonen von 600 Millionen Elektronenvolt bestrahlten die Forscher Gemische einfacher Verbindungen, die Stickstoff und Kohlenstoff enthielten. Auf diese Weise wurden organische Verbindungen wie Glutamin- und Asparaginsäure, Glyzin, Alanin, Lysin, Valin und andere synthetisiert, die zu Bestandteilen aller Lebewesen gehören.

Aus: PdSU, 33/70 nach TASS

Veränderliche Galaxien?

Unter dem Titel „Kompakte Galaxien, eine bemerkenswerte neue Kategorie von Sternsystemen“ beschreibt N. Richter in der Jenaer Rundschau einige Ergebnisse der Nebeldurchmusterungen mit dem Tautenburger 2 m Spiegelteleskop. Eines der bemerkenswertesten Ergebnisse präziserte er wie folgt: „Bei der Photometrie der zahlreichen kompakten Galaxien fielen uns einige Fälle auf, in denen der Verdacht auf Helligkeitsänderungen im Laufe mehrerer Jahre besteht. Eine exakte Nachprüfung ist im Gange.“

Nach: Jenaer Rundschau, 6. 329 (1969).

CL

Informationsgrenzen des Tautenburger Schmidt-Teleskopes

Während das große Öffnungsverhältnis eines Schmidt-Systems im allgemeinen als ein Vorteil empfunden wird, tauchen bei einer M 31-Sternphotometrie Probleme auf, die den Einsatz eines Großteleskops mit kleinerem Öffnungsverhältnis wünschenswert machen. Dadurch können auf Tautenburger Platten nur die hellsten M 31-Variablen beobachtet werden. Die Größe des Abbildungsmaßstabes und des Untergrundschleiers üben einen entscheidenden Einfluß auf die Möglichkeiten der M 31-Sternphotometrie aus. Ein Teil der Sterne steht so dicht zusammengedrängt, daß sie mit einem Irisblendenphotometer nicht mehr gemessen werden können. Hier wirkt sich ein kurzbreitweites Schmidt-Teleskop also nachteilig aus.

Nach: Jenaer Rundschau 6, 332 (1969).

Cl.

3-m-Spiegelteleskop in Erdsatelliten vorgeschlagen

In dem Bericht „Scientific Uses of the Large Space Telescope“ wird ein 3-m-Spiegelteleskop für einen Erdsatelliten vorgeschlagen, mit dem Sterne bis zur Größe 29^m beobachtet werden können. Diese Sterne wären über 100mal lichtschwächer als die schwächsten Objekte, die mit dem 5-m-Palomar-Spiegel beobachtet werden können. Die für die hohe Auflösung nötige Stabilisierungsgenauigkeit des Instrumentes auf 0,004 Bogensekunden wäre technisch realisierbar. Für die erste Zeit nach dem Start sollte ein Astronaut das komplizierte Instrument prüfen und bedienen. Später kann es über Funkkommandos vom Boden aus betrieben werden.

Nach: Sterne und Weltraum 9, 1, 15 (1970).

Cl.

Unsere Sonne als veränderlicher Stern

Es sind zwei Perioden anzunehmen, mit denen die auf der Erde gemessene Strahlung der Sonne schwanken sollte. Eine etwa 27tägige Periode, bedingt durch die Sonnenrotation, und eine 11jährige Periode, verursacht durch den Sonnenaktivitätszyklus. Um diese Perioden nachzuweisen, untersuchten Albrecht, Maitzen und Rakos die Ergebnisse von Helligkeitsbeobachtungen der Planeten Uranus und Neptun, die 1950 bis 1966 am Lowell Observatorium gewonnen worden waren. Die Mittelwerte dieser photoelektrisch bestimmten Helligkeiten sollen einen Fehler von weniger als zwei Tausendstel einer Größenklasse haben!

Nach: Sterne und Weltraum, 9, 2, 37 (1970).

Cl.

Amateure beobachten und berichten

Rechts oben: Aufnahme des Kometen Bennett (1969 i)

Dieses Bild wurde am 3.4.1970 um $4^h 18^m$ MEZ gewonnen. Benützt wurde eine Kleinbildkamera vom Typ Exa II, mit einem Tessar 1:2,8, $f = 50$ mm. Der Film war ORWO NF 27, belichtet wurde 25 Sekunden. Diese Aufnahme beweist, daß schon mit sehr primitiven Hilfsmitteln – die Kamera wurde nur auf ein Fensterbrett aufgestützt –, Bilder mit interessantem Aussagegehalt zu erhalten sind. Allerdings muß dabei gesagt werden, daß der Komet 1969 i die wohl hellste und imposanteste Kometenerscheinung dieses Jahrhunderts gewesen ist. Die Helligkeit des Kometen lag weit über dem in der Ephemeride vorausgerechneten Wert. Mit dem bloßen Auge war der Schweif dieses Kometen an diesem Tage vor dem Ende der astronomischen Dämmerung bis etwa 10 Grad Abstand deutlich zu erkennen. In der Aufnahme, die bereits bei hell werdendem Osthimmel gemacht wurde, ist der Schweif bedeutend kürzer.

K.-H.N.

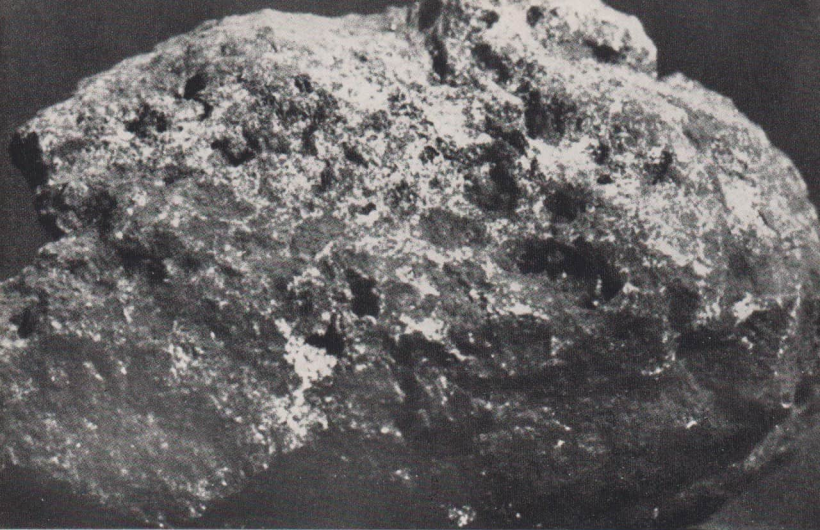
Rechts Mitte: Aufnahme des Kometen Tago-Sato-Kosaka am 8.2.1970 im Sternbild Dreieck.

H. Glombik, Gröbzig

Rechts unten: Aufnahme des Kometen Bennett (1969 i) am 5.4.1970 im Sternbild Pegasus.

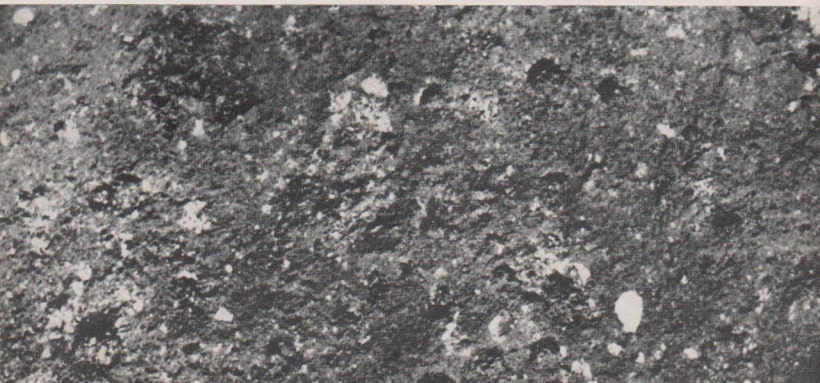
H. Glombik, Gröbzig





Apollo 11 und 12

Abb. 1 oben: Einer der basaltähnlichen Steine der Bodenproben von Apollo 11. — Abb. 2 unten: Vergrößerter Ausschnitt der Oberfläche einer Mond-Breccie. Deutlich sind kleine, mit glasiertem Material ausgefüllte Kleinstkrater zu erkennen, z. T. sogar mit „Zentralberg“. — Abb. 3: Ein anderer Stein der Mondbodenproben mit Kleinstkratern. Aus der dunkleren Tönung ist zu schließen, daß auch sie im Innern einen glasartigen Überzug besitzen. — Abb. 4: Einer der Steine auf der Mondoberfläche. — Abb. 5: Kleine Glaskügelchen des Mondstaubs. Sie haben gelbe und braune bis grünliche Färbungen. Infolge der starken Vergrößerung zeigt die Aluminiumplatte, auf der sie liegen, streifenförmige Struktur. — Abb. 6: Kleiner Ausschnitt eines Mondbasalts in 50facher Vergrößerung, in polarisiertem Licht aufgenommen, der die Kristallstruktur zeigt. Das hauptsächlichste Material ist kalziumreiches Plagioklas, hier weiß erscheinend. Das graue Material ist Klinopyroxen. Schwarz ist das eingelagerte Ilmenit, das vor allem Titan enthält. — Abb. 7: Ein eigenartiges Strukturteil der Mondoberfläche, ein Hügel, über deren Existenz bisher nichts bekannt war.





▲ Abb. 7

Abb. 3 ▼

Abb. 4 ▼



▼ Abb. 5

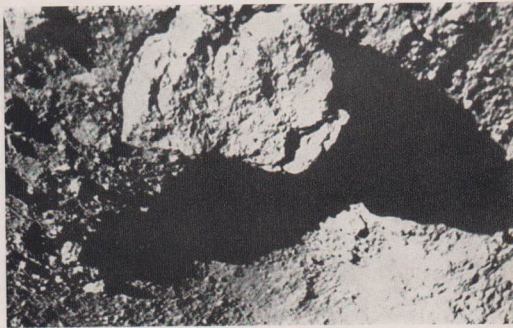
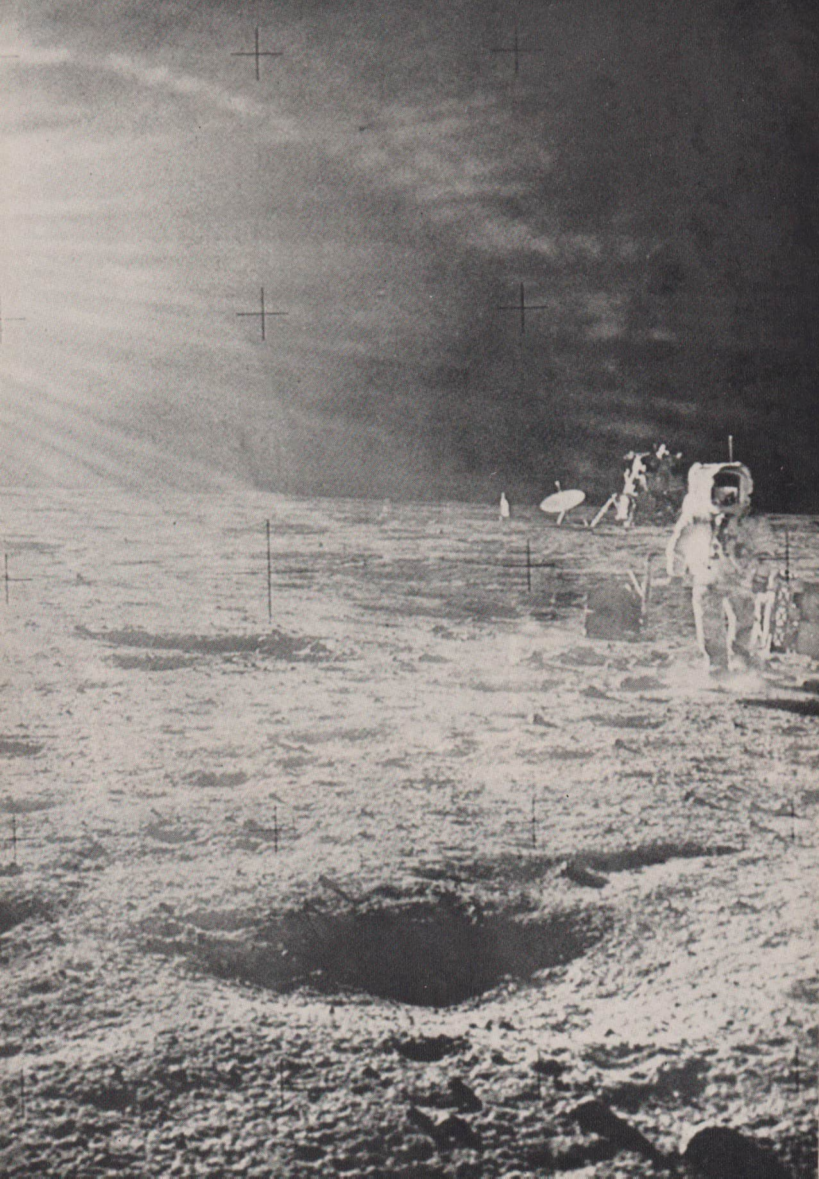


Abb. 6 ▼





Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Tätigkeitsberichte 1969

der Fachgruppen des Bezirksfachausschusses Dresden

Fachgruppe Dresden

1. Öffentliche Veranstaltungen

Die Fachgruppe hat 10 Veranstaltungen durchgeführt. Es wurden Themen aus der astronomischen Forschung populärwissenschaftlich behandelt, Aussprachen zur Beobachtungsanleitung geführt und die Vortragsfolge über Himmelsphotographie abgeschlossen. Die Fachgruppe besuchte außerdem die astronomischen Vorträge des Urania-Vortragszentrums in Dresden. Sie beteiligte sich auch an der Ausstellung der Kreiskommission Natur und Heimat in Dresden, die anlässlich des 20. Jahrestages der DDR stattfand. – In einer Tagesexkursion besuchte die Fachgruppe die Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow. – Die Schülerarbeitsgemeinschaft des Pionierpalastes in Dresden wurde regelmäßig auf der Volkssternwarte Frantz von Mitgliedern unserer FG angeleitet. Es fanden 43 Zusammenkünfte statt. – Im zentralen Ferienlager der Pionierorganisation der Stadt Dresden in Seiffenheersdorf haben Freunde unserer FG einen astronomischen Lichtbildervortrag und Himmelsbeobachtungen mit transportablen Geräten durchgeführt. – Die Verbindung zu den Sternfreunden in Most (CSSR) wurde weiter aufrecht erhalten. – Unsere Veranstaltungen waren insgesamt von 321 Personen besucht. Von den Mitgliedern unserer FG wurden 1969 für 2887 Mark Leistungen im Wettbewerb erbracht.

2. Öffentliche Veranstaltungen auf der Volkssternwarte Frantz

Es wurden insgesamt 69 Veranstaltungen durchgeführt, davon 43 Zusammenkünfte der Schülerarbeitsgemeinschaft mit 81 Teilnehmern, 3 Jugendweltestunden mit 67 Teilnehmern, 9 Astronomieklassen mit 149 Teilnehmern, 12 öffentliche Führungen mit 144 Teilnehmern, 2 Führungen zur Ferienbetreuung mit 80 Teilnehmern. Insgesamt haben 521 Personen die Sternwarte besucht. Wenn das Wetter keine Himmelsbeobachtungen zuließ, wurden Lichtbildervorträge gehalten.

3. Die Nachforschungen über Denkmale von J. G. Palitzsch wurden fortgesetzt.

4. Ergebnisse der Beobachtungstätigkeit von Ursula und Siegfried Seliger sowie Hans-Joachim Blasberg:

Sonne: 9 Detailzeichnungen großer Sonnenflecke (U. und S. Seliger).

Mond: 4 Detailzeichnungen von Mondlandschaften (U. Seliger).

Jupiter: Zur Positionsbestimmung des Großen Roten Flecks wurden 33 Zentralmeridiandurchgänge beobachtet. Für den Zeitraum von Dezember 1968 bis Juni 1969 ergibt sich für den Roten Fleck eine jovianische Länge von $23,3^\circ \pm 1,4^\circ$ (Seliger und Blasberg).

Venus: Zur Bestimmung der visuellen Venusdichotomie im Januar und Juni 1969 wurden insgesamt 92 Phasenzeichnungen angefertigt. Die Beobachtungen ergaben eine Abweichung von der geometrischen Dichotomie vom 29. Januar von -5 und von der am 18. Juni von $+2$ Tagen (Seliger und Blasberg).

Veränderliche Sterne: An 9 Sternen konnten 156 visuelle Helligkeitsschätzungen vorgenommen werden. Die auswertbaren Ergebnisse wurden der Sternwarte Sonneberg gemeldet (Blasberg).

Himmelsaufnahmen: Zur Überwachung veränderlicher Sterne wurden 191 Aufnahmen gemacht (Seliger und Blasberg).

Fachgruppe Zittau

Im Berichtsjahr erfolgte für die Volkssternwarte Zittau ein fast verdreifachter Besucheransturm gegenüber dem Vorjahr. Alle Einrichtungen wurden weiter ausgebaut. – Es fanden statt: 11 Sitzungen der FG mit jeweils einem Hauptreferat und allgemeiner Aussprache; 4 Sitzungen des Arbeitsausschusses, in denen Planungen und organisatorische Fragen erörtert wurden; 10 Schulungen unserer Jugendgruppe mit dem Ziel, neu zu uns gekommene Freunde mit unseren Aufgaben vertraut zu machen; 1 Prüfungsabnahme für die perfekte Bedienung des Teleskops, der sich vorwiegend Jugendliche mit Erfolg unterzogen; 18 Schulastronomieabende, die von über 800 Schülern und deren Lehrern besucht wurden; es wurden Einführungs-vorträge, Führungen und praktische Beobachtungen durchgeführt; 80 Vorträge astronomischen Inhalts wurden – meist mit öffentlichen Vorträgen verbunden – in der VSTW gehalten, 22 Vorträge außerhalb; 43 Beobachtungsabende führte unsere Jugendgruppe gemeinsam mit anderen Mitgliedern durch; insgesamt wurden 4774 Teilnehmer gezählt.

Links: Apollo 12. Die Meßinstrumente werden an den Aufstellungsort gebracht.

Zwei Mitglieder reichten Beobachtungsergebnisse (Messungen über den Meridiandurchgang des GRF) an den BFA zur Weitergabe ein. – Es wurden ferner mit vielen Aufnahmen das Hauptinstrument und seine Zusatzeinrichtungen getestet und eine Reihe guter Himmelsaufnahmen gewonnen. – Die FG verfügt nach wie vor über einen festen Bestand von rund 30 aktiven Mitgliedern; erfreulich ist die Zunahme von Jugendlichen. – Aus den durch eigene Tätigkeit (Vorträge) erworbenen Mitteln konnten folgende Anschaffungen getätigt werden: 1 Vergrößerungsapparat und 1 elektrische Belichtungsuhr für die Dunkelkammer; Papier, Entwicklerbedarf, Rahmen u. a. m., 1 Zeiss-Objektiv 1:4,5/250 mm für den Selbstbau einer Himmelskamera; 1 zweiter Gegenstandspiegel zum Cassegrain-System 5750 mm; 1 Zeiss-Weitwinkelokular 90 Grad, 31 mm; 1 Penta-Prisma für einen neuen Okularauszug 60 mm (!); diverse Werkzeuge für den Werkstattbetrieb. Als Geschenk erhielten wir: 1 Sonnenkamera 66 durch Bfrd. A. Ansoerge, Bernstadt; 20 drehbare Sternkarten von der Kreislichtbildstelle Zittau.

Geplant sind: Ein neuer Okular-Auszug; Vervollständigung des Instrumentariums; Erweiterung der öffentlichen Beobachtungen auf 2 Abende in jeder Woche; Fertigstellung der Grünanlage vor der VSTW; Namensweihe „Cuno Hoffmeister“ für die VSTW; Inbetriebnahme eines Schmidt-Systems auf neuer Säule u. a. m.

Wir haben zu danken für die sehr freundliche Einstellung der Presse (Sächs. Zeitung) uns gegenüber. Alle unsere öffentlichen Beobachtungsabende wurden stets angekündigt und eine ganze Reihe von Berichten veröffentlicht. Dank gebührt auch dem Rat der Stadt Zittau, der uns durch seine Abt. Kultur (Frau Stadträtin Stoiba) jedwede Unterstützung bietet.

Fachgruppe Kurort Jonsdorf

Unsere FG zählt z. Z. 10 Mitglieder. Der Schwerpunkt unserer Tätigkeit lag nach wie vor in der volksbildenden Arbeit (Urlauberbetreuung und Astronomie-Unterricht für die Schüler). In der Urlaubszeit war die Volkssternwarte jeden Donnerstag (bei günstigem Wetter) geöffnet. Den Schulklassen ermöglichten wir nach Absprache auch an den übrigen Wochentagen den Besuch. Wir veranstalteten 20 Führungen z. T. mit Vorträgen und betreuten 6 Klassen. Insgesamt besuchten uns 381 Gäste.

In der Zeit zwischen den Urlaubsperioden hielten wir aller 14 Tage unsere Klubabende ab, die vorwiegend der Weiterbildung unserer Mitglieder dienten (aktuelle Fragen der Raumfahrt, Probleme der Astrofotografie). An 13 Zusammenkünften nahmen 96 Mitglieder teil. An der Zentralen Fachauschuss-Tagung in Radebeul konnten 2 Mitglieder teilnehmen; unser rühriger Mitarbeiter Dr. W. Fritsche wurde dort mit der Ehrennadel für heimatkundliche Leistungen ausgezeichnet. Am 14. Dezember besuchte uns das Mitglied des Zentralen Fachauschusses Bfrd. Dipl.-Astronom Erich Bartl und gab uns im Rahmen eines Wartenbesuches wertvolle Hinweise und Anregungen.

Fachgruppe Sohland

Um den Astronomie-Unterricht an den Oberschulen zu intensivieren, haben wir auch im vergangenen Jahr unsere Arbeit dieser Aufgabe gewidmet, indem wir den Schülern mehr Beobachtungsabende ermöglichten und außerdem einen Zirkel „Junger Astronom“ bildeten.

An 11 Beobachtungsabenden wurde an hiesige und auswärtige Oberschulen ergänzender Astronomie-Unterricht erteilt. Einige dieser Abende wurden von Bfrd. Dipl.-Päd. J. Kumpf geleitet. Am Zirkel „Junge Astronom“ nehmen 6 Schüler der Gerhart-Hauptmann-Schule teil. Der Zirkel arbeitet sehr aktiv und beteiligt sich auch an den Arbeitseinsätzen. In einer FDJ-Jugendstunde der Gerhart-Hauptmann-Schule wurde ein Lichtbildvortrag „Unsere Sternwelt“ durchgeführt.

An 9 Abenden nahmen Urlauber, an 47 Beobachtungsabenden nahmen 423 Besucher teil (171 mehr als im Vorjahr). In Arbeitseinsätzen wurde ein Weg zur Baracke angelegt und eine Instrumentsäule einbetonierte. Mit Hilfe unseres Patenbetriebes, der Fa. Klinger & Schick, wurden 2 Ruhebänke hergestellt und vor der Baracke aufgestellt. Bfrd. E. Grunert erneuerte den Innenanstrich des Kuppelraumes. In 2 Arbeitseinsätzen wurde das Sternwartengelände von sich behindernden Bäumen und Sträuchern geräumt und die Buchenhecke verschnitten.

Finanzielle Unterstützung gewährten die PGH „Natursteine“ und der Rat der Gemeinde; dadurch konnte eine parallaktische Montierung „Zeiss I b“ erworben werden. Desgleichen wurde durch Beihilfe der BGL von Klinger & Schick ein neues Zeiss-Suchfernrohr für das 100/1000 Spiegelteleskop angeschafft, sowie ein Spiegelteleskop 210/1500. Die Leitung der Sternwarte Bautzen stellte uns eine Astro-Kamera als Leihgabe zur Verfügung. In der Baracke wurde von Bfrd. Elektromeister D. Menzel ein Heizgerät mit Schaltuhr angebracht, die Beleuchtung ergänzt und 2 Außenlampen installiert.

Insgesamt wurden an der Sternwarte 112 Arbeitsstunden geleistet und 96 Beobachtungsabende durchgeführt.

Fachgruppe Radebeul

Die Hauptaufgabe bestand in der Rekonstruktion der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“, die termingerecht zum 20. Jahrestag der DDR fertiggestellt werden konnte. Die organisatorische Hauptarbeit dabei leistete der Sternwartenleiter Rüdiger Kollar, der für seine Verdienste u. a. als „Verdienter Aktivist“ ausgezeichnet wurde. Der Gesamtwert des Baues beträgt über 750 000 Mark.

In den Bau sind durch die VMI Werte von 250 028 Mark eingeflossen. An diesem Betrag sind beteiligt die Mitglieder der AG „Junge Astronomen“ mit 9204 Stunden = 23 010 Mark sowie die amtlichen und ehrenamtlichen Mitarbeiter der Sternwarte mit 5500 Stunden = 27 500 Mark. Die Nachfolgearbeiten (Abdeckung der Kuppeldächer, Außengestaltung) werden 1970 durchgeführt.

Seit der Einweihung der Sternwarte fanden statt: 21 Zirkelabende, in denen junge Sternfreunde auf ihre Mitarbeit in der FG vorbereitet wurden; 27 Jugendweihestunden; 73 mal Astronomieunterricht für Radebeuler Schulen, 23 mal für auswärtige; 45 öffentliche Führungen mit Lichtbildervortrag und Planetariumsführung; 46 Gruppenführungen für Erwachsene; 8 Lichtbildervorträge für FDGB-Urlauber; 3 astronomische Matineen; 8 Veranstaltungen zur Unterstützung anderer Unterrichtsarten; 6 sonstige Veranstaltungen.

Die seit der Einweihung registrierte Besucherzahl von 7998 setzt sich wie folgt zusammen: 2086 Teilnehmer am Astronomie-Unterricht, 1294 Teilnehmer an Jugendweihestunden, 4251 Teilnehmer an Führungen u. a., 367 Teilnehmer an Zirkelabenden.

Der ZFA Astronomie führte am 15./16. November aus Anlaß des 20. Jahrestages der DDR eine Tagung der Fachgruppenleiter in Radebeul durch. Den Festvortrag hielt Prof. Dr. H. Lambrecht, Jena.

Fachgruppe Radeberg

Der FG gehören z. Z. 8 Bfrd. an, mit weiteren 4 Sternfreunden bilden wir eine Interessengemeinschaft von 12 Mitgliedern. Der monatliche Fachgruppenabend fand zehnmals statt (mit Referaten über unser Sonnensystem, neuere Ergebnisse der Marsforschung in Hinblick auf die Opposition 1971 sowie über die Mond-Apollo-Flüge).

Sternfreund Martinovski gab uns Hinweise für das Spiegelschleifen, das wir in unser Arbeitsprogramm aufgenommen haben; die ersten Spiegel sind in Arbeit.

Die systematischen Beobachtungen an Jupiter konnten witterungsbedingt nur in geringem Umfang weitergeführt werden. In der bevorstehenden Oppositionszeit werden sich weitere Mitglieder daran beteiligen.

Für die Himmelsfotografie wurde bei den elektrisch betriebenen Geräten ein Trennregler wegen der Netzunterspannungen fest eingebaut. Bfrd. Förster übernahm die Reproduktion zur Erweiterung unserer Diaserien und Vergrößerungen für den Schaukasten der Volkssternwarte, den wir monatlich mit neuem Bildmaterial versehen.

Die wöchentlich einmal stattfindenden Beobachtungsabende, die 3 Mitglieder leiten, zählten 435 Besucher. Zwei Jugendweihestunden wurden von Bfrd. Astronomielehrer Lemke in der Sternwarte gehalten. Kollegen der Robotronwerke besuchten mit ihren 3 Patenklassen (Schüler des 5. und 6. Schuljahres) unsere Sternwarte. Unsere AG „Junge Astronomen“ (6 Schüler) trafen sich an 30 Abenden in der Sternwarte.

Seminar für Veränderlichen-Beobachter in Eilenburg

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie führte in der Zeit vom 3. bis 5. April 1970 in der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ in Eilenburg ein Seminar für Veränderlichen-Beobachter aus den Fachgruppen Astronomie bzw. für Fachgruppenleiter durch. Dr. Paul Ahnert behandelte folgende Themen: Die Bedeutung der Veränderlichenforschung und die Einteilung der Veränderlichen; – Beobachtungsmethoden und Fehlerquellen; – Die Auswertung der Beobachtungen. Dipl.-Astr. Erich Bartl sprach über „Lichtelektrische Veränderlichenbeobachtung“; Ing. H.-J. Blasberg (Seminarleiter) über „Instrumentelle Voraussetzungen und andere Hilfsmittel“; Helmut Busch behandelte „Die Auswertung der Beobachtungen (2. Teil) und die Elementenbestimmung“. Mit Praktikum und Erfahrungsaustausch brachte das Seminar für die 35 Teilnehmer, unter denen sich viele jugendliche Nachwuchskräfte befanden, ein ausgezeichnetes Schulungsergebnis, an dem auch die gastfreundliche Leitung der Sternwarte (die Bundesfreunde Edgar Otto senior und junior) beteiligt war.

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

Kooperation im Kosmos

HORST HOFFMANN

„Im Laufe der Jahre hat unsere Föderation einen ständig aufsteigenden Trend verfolgt und ist zu einer angesehenen internationalen Organisation geworden, deren Mission darin besteht, die Transmissionen der wissenschaftlichen und technischen Informationen, die sich aus der Astronautik ergeben, zu fördern und die Entwicklung der Raumfahrtforschung für friedliche Zwecke zu unterstützen, um zur wissenschaftlichen Kooperation zum Nutzen aller Völker und für den Fortschritt der menschlichen Zivilisation beizutragen.“

Das erklärte Prof. Dr. Elie Carafoli (Rumänien), der wiedergewählte Präsident der Internationalen Astronautischen Föderation – IAF, in seiner Eröffnungsrede auf dem XX. Kongreß dieser nichtstaatlichen wissenschaftlichen Organisation, der vom 5. bis 10. Oktober 1969 im Gran Hotel Provincial des argentinischen Atlantikbades Mar del Plata stattfand.

60 Gesellschaften mit 60 000 Mitgliedern

Die IAF wurde nach einem vorbereitenden Kongreß in Paris 1950 offiziell auf dem zweiten Internationalen Astronautischen Kongreß vom 3. bis 8. September 1951 in London gegründet. Heute vereinigt die IAF 60 Raumfahrt- und Raketen-gesellschaften, Vereinigungen und Institutionen mit 60 000 Einzelmitgliedern aus 35 Ländern. Zu den stimmberechtigten Mitgliedern – jeder Staat hat nur eine Stimme – gehört für die Deutsche Demokratische Republik seit 1960 die Deutsche Astronautische Gesellschaft – DAG.

Der XX. Kongreß der IAF in Mar del Plata, 400 Kilometer südwestlich von Buenos Aires, war von 320 Teilnehmern aus 24 Ländern besucht. Das Schwergewicht der Beteiligung lag naturgemäß auf Seiten Amerikas, besonders Argentinien.

tinians und der USA. Zu den europäischen Delegierten zählten als Vertreter der DDR Dr. Eberhard Hollax, Vizepräsident, und Horst Hoffmann, Präsidiumsmitglied der DAG. Gastgeber des Jahreskongresses war die Asociacion Argentina de Ciencias Aerospaciales, die argentinische Gesellschaft für Luft- und Weltraumwissenschaften.

200 Referate in 15 Gremien

Fast 200 Fachreferate und Übersichtsvorträge aus allen Bereichen der Raumfahrt wurden in bis zu vier Parallelsitzungen gehalten. Die Vortragssitzungen selbst waren in folgende sieben Fachdisziplinen unterteilt:

1. Antrieb – Vorsitzende: A. Jaumotte (Belgien), R. Monti (Italien)
2. Bioastronautik – Vorsitzende: O. G. Gzenko (UdSSR), K. H. Houghton (USA)
3. Astrodynamik – Vorsitzende: P. Contensou (Frankreich) G. N. Doubouchin (UdSSR)
4. Forschungs- und Anwendungssatelliten – Vorsitzende: P. A. Castruccio (USA), L. Jaffe (USA), Y. Khodarev (UdSSR), L. Larmore (USA)
5. Physik des Wiedereintritts – Vorsitzende: G. G. Chernyr (UdSSR), A. Ferri (USA)
6. Systementwürfe – Vorsitzende: E. I. Grigoliauk (UdSSR), R. Kuguel (Argentinien), J. Singer (Israel)
7. Astrionik – Vorsitzende: B. W. Boehm (USA), J. L. Crowder (UK)

Außerdem gab es je zwei Sitzungen zu den Sonderthemen:

1. Bildung mittels Satelliten – Vorsitzende: L. G. Napolitano (Italien)
2. Jüngste Ereignisse – Vorsitzender: R. Gatti (Argentinien).

Im Rahmen des Internationalen Astronautischen Kongresses fanden fünf spezielle Kolloquien und Symposien statt:

- I. LIO, Rundtischgespräch (Laboratoire International Orbital, d. h. Internationales Orbitallaboratorium der Internationalen Astronautischen Akademie – IAA);
- II. LIL, Rundtischgespräch (Laboratoire International Lunaire, d. h. Internationales Mondlaboratorium) der IAA;
- II. ISR, Symposium (International Space Rescue, d. h. Internationale Raumrettung) der IAA;
- III. IHA, Symposium (International History of Astronautic, d. h. Internationale Geschichte der Raumfahrt) der IAA;
- XII. IISL, Kolloquium (International Institute of Space Law, d. h. Internationales Institut für Weltraumrecht).

Erstmalig tagte die Studiengruppe SYRE, Kolloquium (Safety Youth Rocket Experiments, d. h. Sicherheit bei Raketenexperimenten der Jugend).

Astronom – Arzt – Astronaut

Dr. George E. Mueller, der inzwischen zurückgetretene Beigeordnete Administrator für bemannten Raumflug der NASA beschäftigte sich in seinem Eröffnungsvortrag insbesondere mit dem Orbital Workshop (d. h. Werkstatt in der Erdumlaufbahn). Diese erste amerikanische Raumstation sei als ein Vielwecklaboratorium anzusehen, in dem neben den astronomischen auch technologische, biologische und Umweltuntersuchungen vorgenommen werden sollten.

In seiner neuen Konzeption werde diese Orbitalstation, die aus einer leeren S-4 B Stufe der Saturn-Rakete, einer Adapter- und Luftschleusengruppe und einer Fernrohrbaugruppe besteht, von einer Saturn V komplett, jedoch unbe-

mannt in eine 435 Kilometer hohe Erdumlaufbahn gebracht werden. Einen Tag später soll eine Saturn 1 B mit Führungs- und Gerätebaugruppe des Apollo-Geräts folgen, die drei Astronauten an Bord habe. Nach einem Kopplungsmanöver mit der Raumstation sollen sie 28 Tage an Bord dieser Station bleiben und dort über 70 verschiedene Experimente und Untersuchungen durchführen.

Nach Rückkehr der ersten Gruppe soll eine zweite folgen, die 56 Tage in der Außenstation verweilt. Das soll die erste Wissenschaftler-Crew, bestehend aus einem Astronomen, einem Arzt und einem Astronauten, der eine weitere, augenblicklich noch nicht festgelegte Disziplin vertritt, sein. Schließlich soll ein drittes Team für weitere 56 Tage folgen.

Mars Expedition 620 Tage

Dr. Ernst Stuhlinger, Beigeordneter wissenschaftlicher Direktor des Marshall Space Flight Center der NASA in Huntsville, beschäftigte sich in Mar del Plata mit Zukunftstriebwerken. Interessant waren die Vergleichsziffern hinsichtlich der Massenverteilung bei kernenergetischen und elektrischen Systemen.

Typ	Treibstoff	Triebwerk Zelle Energiequelle	Nutzlast
Kernenergetischer Antrieb	80 %	10 - 12 %	8 - 10 %
Elektrischer Antrieb	25 - 40 %	20 - 30 %	30 - 55 %

Ein konzipiertes Marsfahrzeug, von einer Saturn V und einem Kernenergie-triebwerk in die Flugbahn zu unserem äußeren Nachbarplaneten eingeschossen, würde in eine Umlaufbahn um den Mars einschwenken. Von dort aus könnte ein Landefahrzeug zur Marsoberfläche absteigen.

Die Gesamtmission dürfte 620 Tage dauern, von denen 360 Tage mit elektrischem Antrieb verbracht werden. Die Sonnenzellenflächen hätten Ausmaße von 150×280 Meter.

Optimale Orbitalstraße

Von den 30 sowjetischen Delegierten des IAF-Kongresses wurden 28 wissenschaftliche Vorträge gehalten. Einige davon fanden besonders lebhaftes Interesse. So z. B. die Studie „Wissenschaftliche Ergebnisse der Flüge automatischer ionosphärischer Stationen vom Typ „Jantar“, die von Dr. G. L. Grodzowsky und zwölf weiteren Mitarbeitern der Akademie der Wissenschaften der UdSSR vorgelegt wurde. Die Ergebnisse, welche das sowjetische Forscherkollektiv während der dreijährigen Versuchsserie mit diesem Ionentriebwerk für Höhen zwischen 100 und 4040 Kilometern erzielte, wurden in vierfacher Hinsicht als wissenschaftliche Sensation gewertet:

1. Die große Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase, die von 40 km/s im Oktober 1966 auf 120 km/s im Herbst 1969 gesteigert werden konnte.
2. Der hohe Neutralisierungsgrad des ausströmenden Gases, der für die Schubleistung entscheidende Bedeutung hat und von 80 auf 99,5 Prozent erhöht wurde.
3. Die notwendige Stützmasse aus Stickstoff wird nicht von der Erde mitgeführt, sondern der Hochatmosphäre entnommen.
4. Der Sauerstoff, der zusammen mit dem Stickstoff gewonnen wird, kann abgebaut und kondensiert werden und in bemannten Stationen der Atmung dienen.

Mit Jantar schufen sowjetische Forscher den Prototyp eines „Stabilisierungstriebwerkes“, das für Orbitalstationen in Höhen zwischen 200 und 300 Kilometer geradezu ideal ist. Diese „Orbitalstraße“ hat sich für den Einsatz bemannter

Außenstationen als optimal erwiesen, liegt sie doch oberhalb von 99 Prozent der Erdatmosphäre und unterhalb des gefährlichen Strahlungsgürtels.

Raketenstartplatz Mar Chiquita

Prof. Dr. W. S. Weretschetin, stellvertretender Vorsitzender des Interkosmos Rates der Akademie der Wissenschaften der UdSSR hielt einen stark diskutierten Vortrag über „Rechtsfragen der Satelliten-Telekommunikation auf der Washingtoner Intelsat-Konferenz“. Er wandte sich besonders gegen die Verletzung des Universalitätsprinzips durch dieses von den USA inspirierte Abkommen über Nachrichtensatelliten, das nur den Mitgliedern der Internationalen Fernmeldewesen (International Telecommunication Union – ITU) offensteht:

„Somit schließt ein System, das aufgerufen ist, die Kontakte zwischen allen Staaten der Welt zu erleichtern, die Tür für eine Gruppe von Staaten, die aus diesen oder jenen Gründen, oftmals gegen ihren Willen, keine Mitglieder der ITU sind.“

Der Wissenschaftler kritisierte auch die Beibehaltung eines jetzt bestehenden Schiedsverfahrens, durch das souveräne Staaten den Beschlüssen von Privatunternehmen unterworfen werden.

Die argentinische Delegierte Dr. Maria Teresa Curia beantragte in Mar del Plata die Schaffung einer speziellen internationalen Organisation der Vereinten Nationen, der Intelsat unterstellt werden soll. Das Unternehmen Intelsat habe sich lediglich auf die kommerziellen Aspekte zu beschränken. Dieser Vorschlag ist besonders aktuell, weil nach fünfjähriger Unterbrechung die Intelsat-Beratungen im Februar 1970 wieder aufgenommen wurden und weil Argentinien im September 1969 seine erste Bodenstation für den drahtlosen Verkehr über einen Intelsat-Nachrichtensatelliten einrichtete. Diese Station ist nach einer chilenischen die zweite in Südamerika.

Der Generalsekretär der UNO U Thant hat inzwischen eine siebenköpfige Delegation ernannt, um die argentinischen Wünsche zu studieren und mit Hilfe der Vereinten Nationen den bestehenden Raketenstartplatz in Mar Chiquita bei Mar del Plata an der Atlantikküste auszubauen. Dort werden unter Leitung von Prof. Dr. Carlos F. Bosch, Präsident der Nationalkommission für Raumforschung, Versuche mit Raketen unternommen, die unter anderem der Wetterbeobachtung und der Hagelbekämpfung dienen. Frankreich kooperiert mit Argentinien aktiv an der Erfüllung eines Programms zum Abschluß kleiner Raketen.

180 stationäre Satelliten

Der italienische Delegierte, Prof. Dr. P. Magno, sprach auf dem Kolloquium über Weltraumrecht über die Möglichkeiten direkter Übertragungen von Radioprogrammen über Satelliten. Er erklärte, es sei gegenwärtig nicht möglich, mehr als 180 Satelliten in einer „geostatischen Orbitalposition“ zu halten. Schon jetzt drängen sich – auch wenn diese Zahl noch nicht erreicht sei – Maßnahmen zur internationalen Verteilung der Frequenzen und der Übertragungskanäle auf.

Indien will im Jahre 1971 damit beginnen, durch Fernsehprogramme, die über Satelliten verbreitet werden, „Massenunterricht“ zu erteilen.

Dr. Eberhard Hollax, DDR, unterbreitete der Arbeitsgruppe Antrieb eine Studie über „Energiesysteme für ständige Mondstationen“.

Von der Generalversammlung der stimmberechtigten Mitglieder wurde das neue Büro der IAF gewählt, das aus folgenden Personen besteht:

Präsident: Prof. Dr. E. Carafoli (SR Rumänien)

Past-Präsident: Prof. Dr. L. G. Napolitano (Italien)

Vizepräsidenten: Prof. Dr. L. I. Sedow (UdSSR); Prof. Dr. T. M. Tabanera (Argentinien); Prof. A. Jaumotte (Belgien); Dr. G. E. Mueller (USA)

Generalanwalt: Dr. V. Kopal (CSSR)

Präsident der Internationalen Astronautischen Akademie (IAA): Prof. Dr. C. S. Draper (USA)

Präsident des Internationalen Institutes für Weltraumrecht (IISL): Prof. Dr. E. Pépin (Frankreich)

Ehrenamtliches Sekretariat: R. Greinacher

Exekutiv-Sekretariat: H. van Gelder

In der IAF gibt es folgende ständigen Komitees:

Komitee für Anwendungssatelliten – Vorsitzende: L. Jaffe (USA); K. Y. Kondratjew (UdSSR) und 21 Mitglieder

Bioastronautisches Komitee – Vorsitzender: O. G. Gazenko (UdSSR); Stellvertreter K. H. Houghton (USA); Sekretär: H. Saiki (Japan) und 29 Mitglieder

Ausbildungskomitee – Vorsitzender: L. G. Napolitano (Italien); Stellvertreter: M. Lunc (VR Polen) und 14 Mitglieder

Finanzkomitee – Vorsitzender: L. R. Sheperd (UK) und 7 Mitglieder

Komitee für die Förderung der Mitarbeit und Mitgliedschaft – Vorsitzender: R. L. Bisplinghoff (USA) und 6 Mitglieder

Publikationskomitee – Vorsitzender: M. Lunc (VR Polen) und 8 Mitglieder

Studiengruppe für Sicherheit bei Raketenexperimenten der Jugend (SYRE) – Vorsitzender: G. S. James (USA) und 28 Mitglieder.

Folgende internationale Organisationen sind offiziell in der IAF vertreten:

COSPAR – Comité on Space Research. Komitee für Weltraumforschung, Paris
ECOSOL – Economic and Social Council, Wirtschafts- und Sozialrat der UNO, New York

IAEA – International Atomic Energy Agency, Internationale Atomenergiebehörde der UNO, Wien

ICAU – International Civil Aviation Organisation, Internationale Organisation für zivile Luftfahrt, Montreal

ICSU – International Council of Scientific Unions, Internationaler Rat wissenschaftlicher Gesellschaften, Rom

ITU – International Telecommunication Union, Internationaler Fernmeldeverein, Genf

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur, Paris

WHO – World Health Organization, Weltgesundheits-Organisation, Genf

WMO – World Meteorological Organization, Weltorganisation für Meteorologie, Genf

Der XXI. Internationale Astronautische Kongreß findet vom 4. bis 10. Oktober 1970 in Konstanz, BRD, statt.

Satellitenavigation

Nach Freigabe des Navigationssatellitensystems Transit, heutige Bezeichnung Navy Navigation Satellite System = NNSS, für zivile Verwendung, hat ITT, Aerospace Division of International Telephone and Telegraph Corporation, den Schiffsnavigationsempfänger AN/SRN-9 weiterentwickelt. Das neue Modell 4007 AB ist bereits eingesetzt; es wird auch als „Sea-way“ bezeichnet. Lo. Fb.

Der Einsatz von Bordrechnern in Raumfahrzeugen

W.-D. FROMM

In den 9 Jahren bemannter Raumfahrt, die seit Gagarins Flug mit Wostok 1 vergangen sind, haben sich große Fortschritte auf diesem Gebiet ereignet. Es sind Raumschiffotypen geschaffen worden, die einen längeren Aufenthalt einer aus mehreren Personen bestehenden Besatzung im Weltraum ermöglichen, die Manöver in der Umlaufbahn ausführen konnten und mit anderen Raumflugkörpern zusammengeführt und gekoppelt wurden.

Die hierzu erforderlichen bahnmechanischen Manöver müssen unter den Nebenbedingungen eines begrenzten Treibstoffvorrats und einer begrenzten Missionsdauer durchgeführt werden. Die sich daraus ergebenden Aufgaben können von der Besatzung nur gelöst werden, wenn ihr elektronische Geräte zur Seite stehen, die eine wesentliche Hilfestellung geben können.

So sind in den Raumschiffen der 3. Generation, worunter wir hier z. B. das Sojus- und das Apollo-Raumschiff verstehen wollen, Bordrechner installiert, über deren Aufgabenstellung hier überblicksweise berichtet werden soll.

1. Rechengerät im Sojus-Raumschiff

Aus Veröffentlichungen der sowjetischen Presse geht hervor, daß das Sojus-Raumschiff mit einem automatischen System ausgerüstet ist, das dazu dient, die Besatzung bei Rendezvous- und Kopplungsaufgaben zu unterstützen, bzw. diese automatisch vorzunehmen. So wurden z. B. die Kosmos-Satellitenpaare 186 und 183 am 30. 10. 1967 und 212 und 213 am 15. 4. 1968 automatisch zusammengeführt und gekoppelt. Bei dem bemannten Flug von Sojus 4 und Sojus 5 wurden die Raumschiffe bis auf wenige Meter automatisch zusammengeführt, die Kopplung erfolgte dann handgesteuert.

Die Aufgabe des Rechners besteht bei Rendezvous-Missionen in der Umsetzung der vom Radarsystem gelieferten Daten über Lage und Geschwindigkeit des Zielkörpers in bezug auf das eigene Fahrzeug, in Steuerbefehlen für Triebwerk und Lageausrichtung des Raumschiffes. Hierbei sind Zündzeitpunkte und Brenndauer für die Annäherung unter der Nebenbedingung des minimalen Treibstoffaufwandes zu berechnen. Bei der Annäherung von Raumschiffen in der Erdumlaufbahn ist eine wirksame Unterstützung der Besatzung auch durch Bodenstationen möglich, die selbst Meßwerte über Lage und Relativgeschwindigkeiten der Raumflugkörper erfassen oder auch die Angaben der Bordsysteme auf den erdgebundenen großen Rechenanlagen verarbeiten oder überprüfen können.

Im Sojus-Raumschiff ist das Rechengerät in der hinteren Gerätesektion angebracht und wird offenbar direkt von den Angaben der Radarsysteme ohne Zwischenschaltung der Besatzung gespeist. Ob der Rechner auch zur Durchführung anderer Programmaufgaben verwendet wird, geht aus den bisher bekannt gewordenen Tatsachen nicht klar hervor, allerdings ist der Einsatz eines weiteren Rechengerätes zur Aufarbeitung und Verdichtung anfallender Daten vorgesehen. Namentlich die von den Besatzungsmitgliedern ständig gewonnenen medizinischen Daten sollen vor ihrer Übermittlung zur Erdstation etwa um den Faktor 100 verdichtet werden. Anstatt laufend die Meßwerte der Pulsfrequenz, des Blutdrucks,

der Körpertemperatur, der Atemfrequenz und anderer Größen aller Besatzungsmitglieder zu übertragen, werden dann nur über längere Zeiträume gemittelte Werte übertragen oder Werte nur dann sofort übermittelt, wenn sie gewisse vorgegebene Normalwerte überschreiten.

Apollo-Bordcomputer

Ziel des Apollo-Programms ist es, zwei Astronauten auf dem Mond zu landen und sicher zur Erde zurückzubringen. Dazu wird eine Raumschiffkombination verwendet, die aus drei Teilen besteht:

dem Kommandomodul (CM), in dem die dreiköpfige Besatzung lebt und zur Erde zurückkehrt,

dem Service-Modul (SM), der das Haupttriebwerk mit 10 Mp Schub, die Brennstoffzellen zur Stromversorgung, das Antennensystem und das Hauptlagersystem enthält und

der Mondlandefähre (LM), die zwei Mann der Besatzung zur Mondoberfläche bringt und wieder zum CM/SM in der Mondbahn zurückführt.

Da mit der Mondlandefähre nur etwa 30 % der Gesamtmasse dieser Kombination zur Mondoberfläche absteigen, ergibt sich gegenüber einer direktlandenden Raumschiffversion eine bedeutende Treibstoffeinsparung, und die Mission kann mit einer Trägerrakete vom Typ „Saturn V“ durchgeführt werden. Allerdings ist bei der Rückkehr vom Mondboden ein schwieriges Rendezvous-Manöver zwischen der Aufstiegsstufe des LM und dem in der Mondumlaufbahn befindlichen CM/SM erforderlich.

Daher muß der Besatzung unbedingt ein leistungsfähiges Navigations- und Führungssystem unterstellt werden, damit die Mission mit dem begrenzten Treibstoffvorrat zum Erfolg geführt werden kann. Zudem erfolgen für den Missionsverlauf wesentliche Manöver wie Bremsung zum Einschwenken in die Mondumlaufbahn, Zirkularisation dieser Bahn, Eintritt in die Abstiegsbahn, Zündung des Triebwerks zum Erreichen der Rückflugbahn und andere Manöver über der erdabgewandten Seite des Mondes, also außerhalb Funksicht und Unterstützungsmöglichkeit vom Flugkontrollzentrum auf der Erde.

Die Besatzung verfügt daher über zwei leistungsfähige Flugführungs- und Navigationssysteme, die sowohl an Bord des CM als auch innerhalb der Mondlandefähre installiert sind. Hauptbestandteil des Systems ist ein Computer, der durch geringen Raumbedarf und hohe Leistung auffällt. Weiterhin enthält jedes System eine optische Winkelmessungseinheit und eine dreidimensionale Trägheitsplattform. In der Mondlandefähre befinden sich darüberhinaus noch Lande- und Rendezvous-Radar sowie ein Hilfsnavigationssystem, das beim Versagen des Hauptsystems eine Rückkehr zum Mutterschiff gestattet.

Im folgenden seien die drei Hauptteile des Hauptsystems beschrieben:

a) Bordcomputer

Der Rechner entspricht dem Stand der Technik von 1962/63. Deshalb wurden zwar schon integrierte Schaltkreise (IC) eingesetzt, jedoch aus Zuverlässigkeitsgründen nur ein einziger, hinreichend erprobter Typ, ein NOR-Gatter mit 3 Eingängen in direktgekoppelter Transistorlogik, das aus 3 Transistoren und 4 Widerständen besteht. Man konnte zeigen, daß man mit diesem IC alle auftretenden logischen Operationen durchführen kann. Die Logikeinheit des Rechners enthält 5000 dieser integrierten Schaltkreise. Der Rechner besitzt zwei verschiedene Speichereinheiten, eine nichtlöschbare (read-only-memory) für die Speicherung der Programme, die schon bei der Herstellung vorgenommen wird, mit 36 864 Worten

und einen löschbaren Ferritkernspeicher für die Speicherung von Daten mit 2048 Worten. Die Länge eines Wortes beträgt 16 bit und ist damit recht kurz. Für Navigationsberechnungen kann aus Genauigkeitsgründen mit doppelter Wortlänge gerechnet werden. Die Rechengeschwindigkeit beträgt 40 000 Operationen/sec, es können bis zu 10 Programme über eine Prioritätssteuerung „gleichzeitig“ bearbeitet werden.

Die Ausmaße des Computers entsprechen den Erfordernissen der Raumfahrt. Sein Volumen entspricht etwa einem Würfel mit der Kantenlänge von 30 cm, das Gewicht beträgt 29 kp, und der Leistungsbedarf ist mit ca. 100 W ebenfalls klein.

Pilot und Navigator besitzen je ein Daten-Ausgabe-Eingabe-Gerät. Die Dateneingabe erfolgt über 19 Drucktasten, wobei 12 Tasten für Ziffern und Vorzeichen vorgesehen sind und die restlichen 7 Tasten spezielle Befehle (Start-Stop-Unterbrechung usw.) an den Rechner übergeben.

Die Datenausgabe erfolgt über 12 Elektrolumineszenzfelder und einige Signalleuchtfelder, die den Zustand des Rechners anzeigen. Die Ausgabe kann sowohl in Form von Oktal- als auch von Dezimalzahlen erfolgen. Programme können direkt aus dem read-only-memory aufgerufen werden, sind aber auch von der Erdstation her überspielbar. Neben umfangreichen Rechenaufgaben dient der Computer noch als Zeitgeber für 20 Bordgeräte.

b) optische Winkelmeßeinheit

Die optische Winkelmeßeinheit wird vom Navigator bedient und besteht aus 2 Geräten, einem Teleskop und einem Sextanten. Das Teleskop dient zur Grob-orientierung und hat einen relativ großen Blickwinkel. Mit dem Sextanten, der ein Gesichtsfeld von 1,8 Grad hat und über Interfacekreise dem Computer als Eingabegerät dient, erfolgt die Feineinstellung auf einen Sternort. Während der Freiflugphasen zwischen Erde und Mond werden die gewonnenen Meßwerte mit den Angaben der Trägheitsplattform verglichen und zu deren erneuter Feinkalibrierung benutzt. Der hierbei erreichte Genauigkeitsgrad reicht für die Erfüllung der Navigationsaufgaben im Raume Erde—Mond aus.

c) Trägheitsplattform

Die Trägheitsplattform besteht aus einem kardanisch aufgehängten, von drei Miniaturkreiseln stabilisierten Rahmen. Jede Bewegung dieses Rahmens gegenüber dem Gehäuse des Gerätes (und damit dem Raumschiff) wird registriert und gibt so die räumliche Lage des Raumschiffes bezüglich einer beim Start fixierten Lage an.

Drei integrierende Pendelbeschleunigungsmesser und drei differenzierende Winkelbeschleunigungsmesser messen parallel zu jeder der drei Plattformachsen auftretende Translations- und Rotationsbeschleunigungen, die über den Bordrechner und dessen Zeitbasis in Geschwindigkeitsänderungen umgerechnet werden können. Durch Addition der so ermittelten Abweichung zu dem alten Geschwindigkeitswert ergibt sich der neue Geschwindigkeitsvektor, der recht genau mit dem tatsächlichen Geschwindigkeitsvektor des Raumschiffes zusammenfällt. Mit der Kenntnis dieses Vektors ist wiederum zu jeder Zeit die räumliche Lage des Raumschiffes berechenbar.

Der Bordcomputer kann daher sofort nach Erreichen der Umlaufbahnen um Mond oder Erde deren Parameter berechnen und der Besatzung anzeigen. Die so ermittelten Werte haben sich bisher nur geringfügig von den genaueren Messungen der Bodenstationen unterschieden. Er kann außerdem den zu einer Bahnänderung erforderlichen Geschwindigkeitsvektor berechnen, das Raumschiff entsprechend räumlich orientieren, das Haupttriebwerk zum berechneten Zeitpunkt zünden und es beim Erreichen des geforderten Geschwindigkeitswertes abschalten.

Durch die unvermeidliche Abdrift der Trägheitsplattform wird es während des Fluges mehrere Male nötig, sie neu zu eichen. Dazu wird die nach der Lage der Trägheitsplattform zu erwartende Lage bestimmter Himmelskörper mit ihrer tatsächlichen Lage verglichen. Der Computer richtet die optische Winkelmeßeinheit auf diese Himmelskörper aus, und die vom Navigator ermittelten Differenzen zwischen Soll- und Ist-Werten werden vom Computer in Korrekturwerte für die Achsausrichtung der Trägheitsplattform umgerechnet.

Weiterhin übernimmt das Navigations- und Flugführungssystem des CM die genaue Ausrichtung der Kapsel beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre, damit über die Veränderbarkeit von Anstellwinkel und aerodynamischem Auftriebswert der vorgesehene Landeplatz so genau als möglich erreicht werden kann.

Auf die komplizierten Aufgaben des Navigationssystems der Mondlandefähre sei an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Um einen Begriff von der mit dem beschriebenen System erreichbaren Genauigkeit zu geben, seien hier die wenigen veröffentlichten Zahlen genannt:

Einen Tag nach dem Start von Apollo 11 betrug die größte Drift einer Kreiselachse 0,03 Grad/Stunde und der größte Fehler eines Beschleunigungsmessers führte zu einem Geschwindigkeitsfehler von 0,002 m/sec. Einige der vorgesehenen Mittkurs-Korrekturen konnten gestrichen werden, die Gesamtkorrektur beim Hinflug entsprach einer Geschwindigkeitsänderung von ca. 7 m/sec und wurde mit einem 3 sec langen Brennen des Haupttriebwerkes erreicht.

Die Abweichung der Landepunkte auf Mond und Erde betrug ca. 2 bzw. 4 km, die gesamte Zeitabweichung innerhalb der Mission von Start bis zur Wasserung lag bei 20 sec.

Dennoch werden die Genauigkeitsanforderungen späterer Missionen diese Werte übersteigen, sodaß auch auf diesem Gebiet generell neue Verfahren entwickelt werden müssen.

Kanadische Firma baut in Pakistan Satellitenbodenstationen

Wie das pakistanische Verkehrsministerium bekanntgab, soll ein Auftrag zum Bau von zwei pakistanischen Satellitenbodenstationen einem kanadischen Unternehmen erteilt werden. Die Stationen sollen Ost- und Westpakistan über den seit einigen Monaten über dem Indischen Ozean stehenden Nachrichtensatelliten verbinden. Mit der Fertigstellung rechnet man in der zweiten Jahreshälfte 1971. Von den veranschlagten 68 Millionen Rupien Gesamtkosten sollen etwa 45 Millionen in Devisen aufgebracht werden.

D. St.

Frankreich baut Satellitenbodenstationen

Die beiden größten französischen Elektrofirmen Compagnie Général d'Electricité (CGE) und Thomson-CSF haben beschlossen, auf dem Gebiete des Baus von Bodenstationen für die Nachrichtenübertragung durch Erdsatelliten zusammenzuarbeiten. Zu diesem Zweck wollen beide Firmen eine Interessengemeinschaft gründen. Die Interessengemeinschaft soll unter dem Namen TELSPACE firmieren. Die CGE wird in erster Linie die mechanischen, die Thomson-CSF die elektronischen Ausrüstungen liefern. In der nächsten Zeit sollen etwa zwölf große Bodenstationen vom Typ der französischen Station Pleumeur-Bodou II mit einer Antenne von 30 m Durchmesser gebaut werden. Der Bedarf an mittleren und kleinen Empfangsstationen mit Antennen von 15 m und 7 m Durchmesser soll weit größer sein. Er hängt jedoch im wesentlichen vom Tempo der Entwicklung auf dem Gebiet des Satelliten-Fernmeldeverkehrs ab.

D. St.

Isotopengenerator als Mondkraftwerk

Zu den wissenschaftlichen Geräten, die die Apollo-12-Mannschaft auf dem Mond zurückgelassen hat, gehörte auch ein thermoelektrischer Isotopengenerator, der erstmalig bei einem Weltraumunternehmen Strom aus Kernenergie erzeugt. Die Anlage führt die Bezeichnung „SNAP-27“ (System for Nuclear Auxiliary Power) und soll für die Dauer eines Jahres die auf dem Mond stationierten Geräte für das wissenschaftliche Forschungsprogramm mit Elektroenergie versorgen.

SNAP-27 wurde wenige Stunden nach der Landung der Mondfähre „Intrepid“ von den Apollo-12-Astronauten in der Nähe des Mondlandegerätes aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Anlage soll eine elektrische Leistung von 63 Watt abgeben.

Für den Seismometer, den Apollo 11 auf dem Mond zurückließ, wurde bereits Kernenergie zur Wärmeerzeugung verwendet. SNAP-27 ist jedoch die erste nukleare Energiequelle für elektrischen Strom auf dem Mond. Der Isotopengenerator ist ein zylindrisches Gerät aus Beryllium mit sieben am Zylindermantel angebrachten Rippen. Der Zylinder hat einen Außendurchmesser von 40 cm und eine Höhe von 45 cm. Im Innern befindet sich eine Kapsel mit dem Brennstoff Pu^{238} . Diese zylindrische Brennstoffkapsel mit 6,75 cm Durchmesser und 41 cm Höhe ist aus einer Speziallegierung gefertigt und hat bei einer Brennstofffüllung von 4,3 kg eine Masse von knapp 8 kg. Das Pu^{238} , das als Kernbrennstoff verwendet wird, ist vollkommen oxidiert und sowohl chemisch als auch biologisch inaktiv. Seine Halbwertszeit beträgt 90 Jahre. Die vom Zerfall des Pu^{238} erzeugte Hitze, etwa 1480 Wth, wird durch eine Anordnung von 442 thermoelektrischen Elementen aus Bleitellurid direkt in elektrische Energie umgewandelt. Der Generator enthält dadurch keine bewegten Teile.

Bemerkenswert ist, daß sich Pu^{238} als Radionuklid für Energieerzeuger besonders gut eignet, da bei seinem Zerfall vorwiegend nur α -Strahlen frei werden, die eine sehr geringe Abschirmung erfordern. Die Brennstofffüllung von SNAP-27 ist für menschliches und tierisches Leben ungefährlich, da die α -Strahlung infolge ihrer kurzen Reichweite innerhalb der Kapsel bleibt. Während des Transportes zum Mond befand sich die Brennstoffkapsel nicht im Generator, sondern in einem Spezialbehälter aus Graphit. Weiterhin befand sich zwischen Brennstoffkapsel und Transportbehälter noch ein Berylliumbehälter, der als thermischer Schutz für die Brennstofffüllung der Kapsel diente. Das Gewicht der gesamten „Verpackung“ betrug 12 kg, das des Inhalts ca. 20 kg. Der Behälter mit der Brennstoffkapsel war mit Hilfe einer Titanhalterung an der Abstiegsbaugruppe des Mondlandefahrzeuges montiert. Nach der Landung wurde die Brennstoffkapsel aus ihrem Behälter genommen und später im Generator in Betrieb gesetzt.

An der Entwicklung von SNAP-27 war eine Reihe größerer Firmen beteiligt. Zu den Auftragnehmern gehören General Electric als Hauptauftragnehmer sowie 3M-Company (thermoelektrische Elemente), Solar Division (Berylliumgehäuse), Hitco (Graphit-„Verpackungsbehälter“), Sandia (technische Leitung des SNAP-Programms), Savannah River Laboratory (Brennstoff) und Mound Laboratory (Verpackung des Brennstoffs).

DIETMAR STACHOWSKI

Neue Frequenzen für Satelliten

Die zweite internationale „Weltraum-Funkkonferenz“ zur Festsetzung neuer Frequenzen für Satelliten und bemannte Raumflugkörper wurde für den 7. Juni 1971 nach Genf einberufen. Nach Mitteilung der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) sollen zu der sechswöchigen Konferenz alle 135 ITU-Mitgliedsländer eingeladen werden. Im Mittelpunkt der Beratung stehen die möglichst weitgehende Trennung der Wellenbereiche auf der Erde und im Weltraum, die Möglichkeiten einer koordinierten und geplanten Sendefrequenz für Fernmeldesatelliten und die Frage eigener Wellenbereiche für die Radioastronomie, einschließlich evtl. Empfangs von Raumsignalen unbekannter Herkunft.

Lo. Fb.

Aus der Literatur

Kürzung des NASA-Haushalts

Im vergangenen Jahr leitete Thomas Paine, Direktor der amerikanischen Raumfahrtbehörde (NASA), die Landung der Amerikaner auf dem Mond. Zu Beginn dieses Jahres teilte er Vertretern der Presse mit, er habe die Zahl seiner Mitarbeiter um 50 000 d. h. um ein Viertel reduziert. Die Starts der „Apollo“-Raumschiffe sollen mit jeweils einem Abstand von einem halben Jahr fortgesetzt werden, während die Produktion der Raketen vom Typ „Saturn-5“,

die die Amerikaner zum Mond bringen, nach der 15. eingestellt werden soll. Die „starke Kürzung“ des NASA-Haushalts erklärte Thomas Paine mit der Inflation, den Kosten des Vietnamkrieges und der Notwendigkeit, das Problem der Städte und der Armut zu lösen.

Nach: „Iswestija“ vom 31. Januar 1970.

Arabischer Raum an Satelliten-Fernmeldenetz angeschlossen

Im Juli 1969 wurde die Satellitenbodenstation in Ras Abu Jarjur auf den Bahrain-Inseln offiziell eröffnet und dem Betrieb übergeben. Mit der von Marconi im Auftrage der Cable & Wireless Ltd. gebauten Station, die einen Auftragswert von 2 Mill. £ darstellt, können gleichzeitig 60 Ferngespräche sowie unbewegte Bilder ausgesendet und empfangen werden. Ein Umbau der Anlage für Fernsehen ist möglich. Über Intelsat III haben jetzt alle Staaten des arabischen Golfes Anschluß an das Satelliten-Fernmeldenetz, das sich von Großbritannien bis nach Hongkong erstreckt.

Vom technischen Standpunkt aus war die Prüfung der Anlage eine interessante Aufgabe, denn nur wenn gewisse grundlegende Parameter den Pflichtbestimmungen entsprechen, darf eine Station an den Satelliten angeschlossen werden. Da mehrere Stationen eine gemeinsame Verstärkerstelle, nämlich den Satelliten benutzen, bedeutet eine „wilde Station“ eine Gefahr für die Abwicklung eines stabilen Funkverkehrs. Als wichtigste Prüfung gilt die Messung des Gewinn/Temperatur-Faktors (ausgedrückt in Dezibel), der einen Gütefaktor für die gesamte Anlage darstellt. Hierbei bedeutet G den Antennengewinn und T die Rauschtemperatur in °K am Eingang des parametrischen Verstärkers. Der G/T-Faktor ist von ausschlaggebender Bedeutung, weil der Leistungspegel der vom Satelliten kommenden Signale an der Antenne nur noch den zehnten Teil eines millionstel Watt beträgt und jede Verschlechterung des Antennengewinns oder der Rauschtemperatur, die sich nicht durch andere Parameter ausgleichen läßt, für den Satelliten eine zusätzliche Leistungsbelastung darstellt. Die Folge davon wäre eine Verringerung der Kanalkapazität der gesamten Satellitenverbindung. Eine schlechtere Ausnutzung des Satelliten würde auch schlechtere Einnahmen ergeben.

Ein aktiver Nachrichtensatellit kann als quasilinearer Verstärker angesehen werden. Das bedeutet, daß Anlagen, die eine schlecht arbeitende Gegenstelle ansprechen wollen, ihre Sendeleistungspegel erhöhen müssen, um die zusätzlich erforderliche Satellitenausgangsleistung zu erzielen. Besonders aus diesem Grunde ist es zu einer internationalen Vereinbarung gekommen, in der festgelegt ist, daß der G/T-Faktor bei einer Aufwärtsneigung der Antenne von 5° besser als 39 dB sein soll, möglichst 40,7 dB. Dieser Wert liegt jedoch schon nahe an der theoretisch erreichbaren Grenze und ist daher schwer realisierbar. Da die kryogenisch gekühlten parametrischen Verstärker an der Grenze des z. Z. Möglichen arbeiten, ist der Antennengewinn der kritische Faktor.

Die Antenne in Ras Abu Jarjur – ein Cassegrain-System mit 27 m Durchmesser, auf einem 18 m hohen Sockel montiert – wurde mit sehr hoher Präzision gefertigt. Mit Hilfe von Messungen an 400 Punkten, die über die gesamte Antennenfläche verteilt sind, wurde bei einer Meßunsicherheit von nur 0,075 mm die Einstellung auf optische Genauigkeit und höchsten Antennengewinn vorgenommen. Der 5°-G/T-Faktor der Antenne in Bahrain liegt über dem empfohlenen Wert von 40,7 dB. Bei anderen Konstruktionen ist diese Güte wegen der durch die Schwerkraft bedingten variablen Durchbiegung der Antenne, entsprechend ihrer jeweiligen Stellung, nur schwierig zu erreichen. Um so mehr ist die beachtliche Leistung, die in einer Bauzeit von nur 15 Monaten vom Beginn der Konstruktion bis zur Übergabe liegt, zu bewerten.

Mit der Inbetriebnahme der Bodenstation in Bahrain rückt jetzt auch die arabische Welt in den Vordergrund des Satelliten-Fernmelde-Verkehrs.

D. Stachowski

Nach: Aerial 10/1969, Mittl. der Fa. Marconi – Astronomie und Raumfahrt 3/1969.

Satelliten steuern ozeanografisches Meßboot

Von der RCA (USA) wurde ein unbemanntes, bojenähnliches Meßboot entwickelt, das an beliebige Stellen des Ozeans manövriert werden kann, um dort ozeanografische, meteorologische u. a. Messungen durchzuführen. Das Boot kann sich unbeaufsichtigt und ohne zu ankern bis zu etwa einem Jahr an einem Ort aufhalten. Es verfügt über eine elektronische Navigationseinrichtung mit Computer, der über Navigationssatelliten oder auch terrestrische Navigationseinrichtungen Informationen zugeleitet werden. Auf Grund dieser Satelliteninformationen werden zwei schalenförmig gekrümmte, schaumstoffgefüllte Kunststoffsegel sowie mehrere Ruder so eingestellt, daß das Boot bis zu seinem Bestimmungsort auf Kurs bleibt. Bei Erreichen des Zielortes wird auf Funkbefehl ein sogenannter Vor-Rück-Kurs eingeschlagen, der das Boot auf 0,2 Seemeilen genau am Ort festhält. Eine Standortveränderung wird wiederum durch über Satelliten übermittelte Signale eingeleitet. Das Boot hat eine Masse von 816 kg. Der Durchmesser beträgt 2,7 m, die Höhe 5 m. Die konstruktive Ausführung sichert eine hohe Stabilität auch bei schlechtem Wetter.

Nach: Funktechnik, 25 (1970), H. 4, S. 118.

H. D. N.

Flugzeug-Satelliten-Fernmeldeverbindungen

Der Nachrichtenaustausch zwischen Flugzeugen und Bodenstationen über Fernmelde-satelliten ist möglich. Am 29. März 1967 wurde mit einer Boeing 707-321 C die Übermittlung von kodierten Positionsdaten vom Flugzeug über Satelliten an eine Bodenstation auf der Strecke zwischen San Francisco und Saigon erprobt.

„Loop Vee“-Antenne.

Die Antenne ist zirkularpolarisiert für Fernmeldeverbindungen zwischen Flugzeugen und Satelliten. Die Antenne kann bis 1 kW gespeist werden und besitzt ein in der Azimutebene ungerichtes Abstrahlungsdiagramm mit fast lückenloser Überdeckung.

Bordantenne DM C 33-2; Hersteller Dorne und Margolin.

Verwendung für VHF-Sprechfunkverkehr über Fernmeldesatelliten. Die Antenne ist für Duplexbetrieb im Bereich 135 MHz bis 156 MHz bestimmt, ist zirkularpolarisiert, hat zwei Überdeckungsbereiche (Horizont bis 40° und 40° bis zur Vertikalen) und eignet sich für Sendeleistungen bis 500 W.

Lo. Fb.

Buchbesprechung

Fliegerjahrbuch 1970

Mit vier Beiträgen auf rund 40 Seiten (25 % der Gesamtseitenzahl) ist die Astronautik in der jüngsten Ausgabe des Fliegerjahrbuches vertreten. H. Pfaffe beschäftigt sich in seinem Beitrag „Nahziele der Weltraumfahrt“ mit den Programmen der UdSSR und USA und der Bedeutung der jüngsten Experimente (bis Frühjahr 1969) beider Nationen. Dem künftig bedeutungsvollen Gebiet der Errichtung von Bau- und Montagearbeiten im irdischen Raum, auf dem Mond und anderen Himmelskörpern ist der Beitrag „Bauarbeiten im Kosmos“ von H. Endert gewidmet. Sehr informativ ist W. Hempels Aufsatz „Die Raumfahrtforschung Westeuropas“, der eine Übersicht über Organisationen, Projekte sowie das Industriepotential der westeuropäischen Raumfahrt unter Beleuchtung der Hintergründe der Programme gibt. K. Kaplick behandelt schließlich in seinem Beitrag „Prüfstände und Startvorrichtungen für Raketen und Raumfahrzeuge“ eine technische Problematik, die schon allein deshalb das Interesse vieler Leser finden dürfte, weil gerade diese Thematik in der Raumfahrtpublizistik der Tagespresse und populärwissenschaftlichen Zeitschriften eine völlig untergeordnete Rolle spielt, das Leistungsvermögen und Potential der Raumfahrt aber wohl ebenso interessant und überzeugend demonstriert, wie die Raumflugkörper und ihre Starttraketen selbst.

Alle Beiträge sind, wie üblich, leicht und allgemeinverständlich geschrieben. Hervorzuheben ist wiederum die vorzügliche Gesamtaufmachung des Buches sowie die gute Bebilderung der Beiträge (insgesamt 55 Bilder zu den astronautischen Aufsätzen), die bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Bild 7 Seite 14) gute Qualität der Fotos sowie der ebenfalls bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Bild 5 Seite 12) sehr gute Druck der Bilder.

Der Herausgeber sollte erwägen, die neu aufgenommene chronologische Übersicht über wichtige Luftfahrtgeschehnisse auch auf Raumfahrt ereignisse zu erweitern, so wie eine Übersicht über erfolgreiche Satellitenstarts den Informationsgehalt des Raumfahrtteiles erhöhen würde. Bedauerlich übrigens, daß die Auflage des Fliegerjahrbuches offenbar in keinem Verhältnis zur Nachfrage steht, sodaß es „zumindestens im „Einzugsbereich“ des Rezensenten, gar nicht erst die Schaufenster der Buchläden erreicht, sondern gerade so für rechtzeitige Besteller ausreichend ist. Sicherlich würde sich das Fliegerjahrbuch bei einem entsprechenden Angebot einen weitaus größeren Freundeskreis erobern und damit zur Verbreitung des Wissens um das aktuelle Luft- und Raumfahrtgeschehen noch mehr beitragen. Oder sollte es sich tatsächlich nur um schlechte Warenstreuung des Handels handeln?

H. D. NAUMANN

Fliegerjahrbuch 1970. Herausgegeben von H. A. F. Schmidt, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin. 168 Seiten, zahlreiche Bilder, 15 Mark.

Ältere bzw. vergriffene Hefte von „Astronomie und Raumfahrt“ sucht zu kaufen:

Jost Heilmann, 69 Jena, Käthe-Kollwitz-Str. 18. Heft 5/65; Hefte 1, 2, 3 und 6/67 sowie Heft 3/68. Zahle doppelten Preis.

Astronomie und Raumfahrt

Di.
9.2.72



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Photographische Photometrie in der Astronomie · <i>Dr. Siegfried Marx</i>	65
Die Spiralstruktur unseres Milchstraßensystems (38. Symposium der IAU) . .	70

Aus der Literatur

Zweites IAU-Kolloquium über interstellaren Staub	71
War die Erde früher leichter?	72
Nova Vulpeculae 1965 — Einfache Fernsatselliten-Empfangsstation — Zweite Antenne im Pleumer-Bodou in Betrieb genommen	73
Das eingeschränkte Apollo-Mondflugprogramm — Neue Schulsternwarte in Osterfeld (Kr. Zeitz) eröffnet — Voraussage der leuchtenden Nachtwolken . .	74
Spektren außergalaktischer Objekte ermittelt	76

Buchbesprechungen

Jupiterbeobachtungen	76
Kalender für Sternfreunde 1970	3. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Halbjahr 1970	77
Der Merkurdurchgang am 9. Mai 1970, beobachtet in Potsdam	77

Bildseiten

Merkurdurchgang am 9. Mai 1970, beobachtet auf der Satellitenbeobachtungs- station „Junge Welt“, Berlin	79—82
--	-------

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Elektronische Datenverarbeitungsanlagen im Apollo-Mondflugprogramm · <i>H. K. Remane</i>	78
Das Unternehmen Apollo 13 · <i>Karl-Heinz Neumann</i>	88
Satellit ATS-5	91
Thermodynamik des Raketenmotors mit flüssigem Treibstoff · <i>Wolfgang Strubell</i>	93

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1970 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: Druckhaus Freiheit Halle, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geistsstraße 22.

Photographische Photometrie in der Astronomie

DR. SIEGFRIED MARX

Da Photometrie Lichtmessung heißt, bedeutet das in der Astronomie: Messung des Lichtes, das wir von den Sternen erhalten, also Messung der Gestirnhelligkeiten. Die Photometrie ist eine wesentliche Beobachtungsmethode der Astronomie. Sie wurde nach der letzten Jahrhundertwende neben der Spektralanalyse für die wichtigste Disziplin der Astrophysik überhaupt gehalten. Als eine Begründung dafür ist in der „Populären Astronomie“ von Newcomb–Engelmann (Fünfte Auflage, 1914) zu lesen: „... sie (die Photometrie) lehrt den Astronomen, die Helligkeit der Gestirne zu ermitteln, und setzt ihn damit in den Stand, aus den so gewonnenen Daten ebenfalls Schlüsse auf ihre innere Konstitution zu ziehen“.

Dem könnte man heute noch vieles hinzufügen, denn photometrische Daten sind zur Zeit zum Beispiel:

Grundlage der beobachterischen Überprüfung der Theorie der Sternentwicklung durch die Gewinnung der Farbenhelligkeitsdiagramme von Sternhaufen,

eine Grundlage der Gewinnung von Aussagen über die Natur des interstellaren Mediums, sowie

Grundlage verschiedener Entfernungsbestimmungsmethoden, vor allem, wenn es sich um größere Entfernungen handelt (photometrische Parallaxen) usw.

Die Photometrie ist einer der ältesten Zweige der Astronomie, denn die Versuche, die Helligkeiten der Sterne zu bestimmen, reichen bis in das Altertum zurück. Schon Ptolemäus hat in seinem „Almagest“ einen Sternkatalog hinterlassen, in dem die Sterne nach ihrer Helligkeit in sogenannte Größenklassen eingeteilt sind. Die Definition der Größenklasse ist also im Bereich der visuellen Photometrie entstanden und ist ein spezieller Ausdruck des psychologischen Grundgesetzes von Weber – Fechner (1859), wonach die Empfindungen den Logarithmen der Reize proportional sind.

Es sei m_i die Empfindung – astronomisch also die Größenklasse (magnitude): I_i der entsprechende Reiz, die Intensität; dann ist nach dem erwähnten Gesetz der formelmäßige Zusammenhang:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \cdot \log \frac{I_1}{I_2} \quad (1)$$

bzw. umgekehrt

$$\frac{I_1}{I_2} = 10^{-0,4(m_1 - m_2)} \quad (2)$$

Die Intensitäten aufeinanderfolgender Größenklassen ($m_1 - m_2 = 1$) verhalten sich demnach wie 1:2,512 ($10^{0,4} = 2,512$). Die Konstante der Definitionsgleichung ist empirischen Ursprungs und wurde von Pogson so gewählt, daß die Helligkeitsangaben älterer Photometrien (z. B. die der Bonner Durchmusterung) möglichst gut erhalten blieben und die Konstante zugleich eine möglichst einfache Zahl darstellt.

Die Definitionsgleichung (1) läßt aber sofort erkennen, daß man nicht schlecht-hin von der Helligkeit sprechen kann, sondern daß man immer dazu angeben

muß, aus welchem Spektralbereich (Wellenlängenbereich) die den Reiz verursachende Intensität kommt, oder welchen Spektralbereich der Empfänger, z. B. eine Photoplatte, ein Multiplier oder auch das menschliche Auge empfinden kann. Eine Strahlungsquelle kann beispielsweise eine sehr hohe Intensität der Ausstrahlung im infraroten Spektralbereich haben und eine geringe im gelben. Dann hat der Strahler tatsächlich eine hohe Infrarotelligkeit, aber eine kleine Gelbhelligkeit. Das menschliche Auge jedoch würde die Infrarotintensität nicht empfinden und dem Strahler nur eine deutliche Gelbhelligkeit und weiter nichts zuordnen.

Die moderne Photometrie bezieht sich nun immer auf die Bestimmung der Helligkeit der Gestirne in genau bestimmten Spektralbereichen, für deren Definition physikalische Gesichtspunkte eine wesentliche Rolle spielen.

Es soll von einer ganz extremen, trotzdem nicht unsinnigen astronomischen Aufgabenstellung ausgegangen werden: Aufsuchung von Objekten, die eine hohe Intensität im Wellenlängenbereich der Ha-Linie des Wasserstoffs abstrahlen. Man würde sich zur Lösung der Aufgabe ein Empfängersystem schaffen, das nur für einen schmalen Spektralbereich um $\lambda = 656,3 \text{ nm}$ (Wellenlänge der Ha-Linie) empfindlich ist und auf Strahlung aller anderen Wellenlängen nicht reagiert. Es handelt sich somit um einen aufgabenbezogenen speziellen photometrischen Spektralbereich.

Eine andere Aufgabe wäre, die Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum der Sterne überhaupt zu bestimmen. Dieses Problem könnte man so lösen, daß man an sehr vielen, dicht beieinander liegenden Stellen im Sternspektrum in sehr engen Wellenlängenintervallen die Intensität mißt. Erstens ist dieser Lösungsweg jedoch langwierig, und zweitens kann man nur sehr helle Sterne beobachten, da in den schmalen Wellenlängenintervallen nur ein geringer Prozentsatz der Gesamtenergie empfangen wird und dann schwer nachweisbar ist.

Wilhelm Becker zeigte nun vor ca. 30 Jahren, daß man eine Aussage über die Intensitätsverteilung im Sternspektrum schon erhält, wenn man die Sternhelligkeit in drei günstig gewählten breitbandigen Spektralbereichen mißt. Man sieht sofort die Vorteile:

1. Messung von nur drei verschiedenen Helligkeiten eines Sternes.
2. Messung in breitbandigen Spektralbereichen, damit Vordringen zu intensitätsarmen Objekten und Einbeziehung von sehr vielen Sternen in die möglichen Untersuchungen.

Natürlich kann man nicht irgendwelche Spektralbereiche nehmen, sondern muß sie so wählen, daß sie eine Aussage über die Intensitätsverteilung geben (einfachste Bedingung: daß sie nicht zu eng beeinander und alle drei im empfangsmöglichen, in der Praxis sichtbaren Bereich liegen). Wilhelm Becker sagt selbst in einer seiner Arbeiten dazu: „Nach einigen Versuchen glaubt der Verfasser in den folgenden Kombinationen Spektralbereiche definiert zu haben, die in ihren Helligkeiten die Intensitätsverteilung im Sternspektrum so gut widerspiegeln, wie das überhaupt bei Integralhelligkeiten praktisch möglich ist.“ Das Ergebnis der Versuche ist das sogenannte RGU-System: Ein Spektralbereich liegt im Ultravioletten Spektralgebiet bei 373 nm (U), der zweite bei etwa 480 nm (G — Gelb) und der dritte bei etwa 638 nm (R — Rot).

Ein anderes, international sehr verbreitetes photometrisches System, das ebenfalls alle Bedingungen erfüllt, ist das UB_V-System. Es ist charakterisiert durch die Wellenlängen 368 nm (U), 445 nm (B) und 546 nm (V).

Die einzelnen Spektralbereiche der photometrischen Systeme sind durch eine Wellenlängenangabe gekennzeichnet, die man als den Energieschwerpunkt der ein-

fallenden Strahlung, als die sogenannte isophote Wellenlänge bezeichnet. Die isophote Wellenlänge (λ_i) ist durch die Definitionsgleichung

$$\lambda_i = \frac{\int_0^{\infty} \lambda \cdot a(\lambda) \cdot o(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot h(\lambda)}{\int_0^{\infty} a(\lambda) \cdot o(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot h(\lambda)} \quad (3)$$

gegeben.

In Gleichung (3) ist λ die Wellenlänge, $a(\lambda)$ ist die spektrale Durchlässigkeit der Erdatmosphäre. Sie bringt zum Ausdruck, daß die Lufthülle nicht für Strahlung aller Wellenlängen im gleichen Maße durchlässig ist. Bekannt ist die allgemeine Schwächung des Sternenlichtes beim Durchgang durch die Lufthülle, die vorwiegend durch Streuung an den Molekülen und an den kleinen Staubteilchen der Atmosphäre zustande kommt. Die Extinktion ist um so stärker, je länger der Weg des Lichtes durch die Erdatmosphäre ist. Die Extinktion ist außerdem — und das ist hier das Entscheidende — wellenlängenabhängig. Sie nimmt nach kleineren Wellenlängen, zum blauen Spektralbereich hin, also zu. Den Faktor $a(\lambda)$ beherrscht man nicht zu jeder Zeit in allen Einzelheiten; denn die Extinktion ist stark vom Zustand der Atmosphäre abhängig. Man muß zur Berechnung von λ_i eine mittlere Atmosphäre annehmen.

In $o(\lambda)$ kommen die optischen Eigenschaften des Beobachtungsinstrumentes und deren Einfluß auf die isophote Wellenlänge zum Ausdruck. Das spektrale Durchlässigkeitsvermögen von Linsen, bzw. das spektrale Reflexionsvermögen von Spiegeln ist je nach Glassorte und Belegung unterschiedlich.

Mit $p(\lambda)$ ist die spektrale Empfindlichkeit des eigentlichen lichtempfindlichen Empfängers charakterisiert. Dieser Empfänger kann eine Photoplatte, ein Multiplier oder ähnliches sein. So gibt es z. B. nur blauempfindliche und auch sensibilisierte rottempfindliche Photoplatten.

Mittlere Atmosphäre und Beobachtungsinstrument sind Vorgaben, die man an einem bestimmten Beobachtungsort nicht verändern kann. Durch die Wahl eines entsprechenden Empfängers, z. B. einer bestimmten Photoplatte, kann man einen gewünschten Spektralbereich in erster grober Näherung realisieren. Um den erwarteten Spektralbereich, d. h. die Realisierung des gewünschten λ_i -Wertes für einen exakten Vergleich mit Daten anderer Beobachter oder entsprechend einer bestimmten Aufgabe noch besser einzustellen, kann man vor den lichtempfindlichen Empfänger noch ein Farbfilter setzen. Dessen spektrale Durchlässigkeit ist in Gleichung (3) mit $f(\lambda)$ bezeichnet.

Die durch die angegebenen Wellenlängen charakterisierten Spektralbereiche des RGU- und des UBV-Systems sind in Abbildung 1 dargestellt. Man erkennt sofort, daß die Spektralbereiche des UBV-Systems noch breitbandiger sind als die des RGU-Systems von Becker. Wie sich zeigt, ist es also nicht möglich, aufgrund der unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen, der verschiedenen instrumentellen Voraussetzungen und der jeweiligen handelsüblichen lichtempfindlichen Empfänger (z. B. Photoplatten verschiedener Herstellerfirmen) vollkommen identische photometrische Systeme zu schaffen. Die Spektralbereiche des einen Beobachters werden denen eines anderen nur mehr oder weniger ähnlich sein. Die verbleibenden Korrekturen sind im allgemeinen klein und müssen noch an die Beobachtungen angebracht werden.

Dies soll am UB-System demonstriert werden. Die Helligkeiten im „richtigen“, d. h. dem internationalen UBV-System werden grundsätzlich mit den großen Buchstaben U, B und V bezeichnet. Die in einem bestimmten instrumenteneigenen System mit den kleinen Buchstaben u, b und v. Sie weichen also um ein geringes

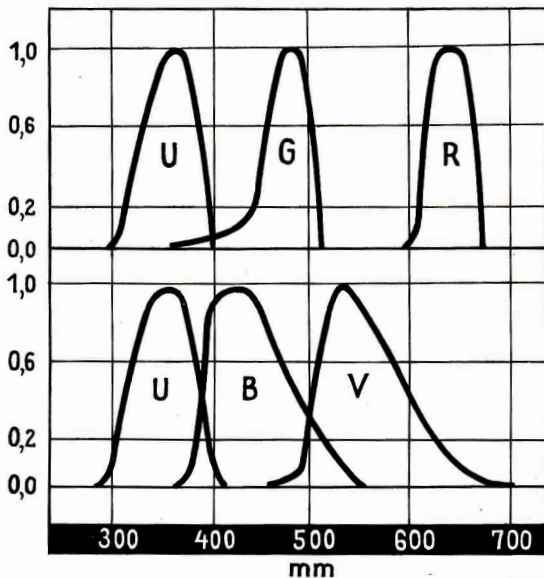


Abb. 1, oben: Durchlaßbereiche des KGU- und des UBV-Systems.

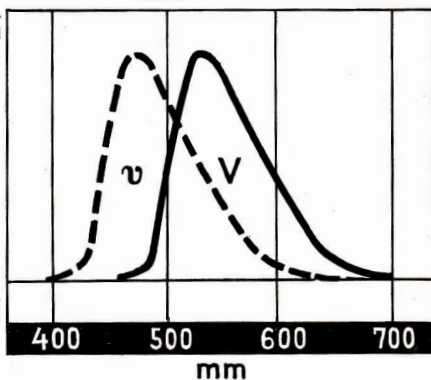


Abb. 2, rechts: Internationaler Bereich V und instrumenteneigener Bereich v.
 $\lambda_i(v) < \lambda_i(V)$.

von den U, B, V-Helligkeiten ab. Abbildung 2 gibt den richtigen V-Bereich und einen genäherten, einen v-Bereich. Zur besseren Demonstration ist ein großer Unterschied zwischen λ_i (V) und λ_i (v) gewählt worden. In dem gewählten Beispiel liegt die isophote Wellenlänge des v-Bereiches deutlich zum blauen hin verschoben gegen den V-Bereich. Dadurch werden in dem gewählten Beispiel alle blauen Sterne im v-Bereich zu hell erscheinen, und alle roten Sterne werden eine zu geringe Helligkeit zeigen. Die an die v-Helligkeiten anzubringende Korrektur ist demnach von der Sternfarbe abhängig.

Die Farbe eines Sternes wird charakterisiert durch den Farbenindex (B - V), Helligkeit im B-Bereich minus Helligkeit im V-Bereich. Ein Stern, der eine große B-Helligkeit (bei $\lambda_i = 445$ nm) hat und eine kleine V-Helligkeit (bei $\lambda_i = 546$ nm), ist ein blauer Stern; er hat einen kleinen oder gar negativen (B - V)-Wert (man beachte, daß helle Sterne durch einen zahlenmäßig kleinen Zahlenwert gekennzeichnet sind). Dementsprechend haben rote Sterne große (B - V)-Werte.

Damit kann man nun die Korrekturgleichungen schreiben:

$$\begin{aligned} U &= u + w_u(B - V) \\ B &= b + w_b(B - V) \\ V &= v + w_v(B - V) \end{aligned} \quad (4)$$

oder als eine Farbgleichung, in der die Farbe in dem einen System (B - V) mit Farbe im anderen System (b - v) verknüpft ist:

$$(B - V) = \frac{(b - v)}{w_v - w_b + 1} \quad (5)$$

Die Konstanten w_u , w_b und w_v müssen aus den Beobachtungen bekannter Sterne bestimmt werden.

In folgendem wird nun beschrieben, wie mit in der DDR produziertem Photo- und Filtermaterial das RGU-System und das UBV-System gut dargestellt werden kann. Wenn man an die Gleichung (3) denkt, so spielen auch die Optik des Instrumentes und die Erdatmosphäre eine Rolle für die Bestimmung von λ_i und den Verlauf der Spektralbereiche. Hier soll angenommen werden — was berechtigt ist — daß alle Instrumente in Bezug auf das Reflexions- bzw. Durchlässigkeitsvermögen der Optik gleichberechtigt sind. Es wird eine mittlere Atmosphäre angenommen. Über die mögliche Eliminierung des störenden Einflusses wechselnder atmosphärischer Bedingungen wird später noch etwas gesagt werden. Mit den im VEB ORWO, Wolfen, produzierten Photoemulsionen und den Filtergläsern des VEB Schott u. Gen., Jena, sind die erwähnten photometrischen Systeme wie folgt darstellbar:

RGU-System			
Bereich	Emulsion	Filterbezeichnung	Filterstärke
U	ZU 2	UG 2	2 mm
G	ZU 2	GG 5	2 mm
R	ZP 1	RG 1	2 mm
UBV-System			
Bereich	Emulsion	Filterbezeichnung	Filterstärke
U	ZU 2	UG 2	2 mm
B	ZU 2	GG 13	2 mm
V	ZP 1	BG 23	1,2 mm
		plus GG 14	3 mm

Die ZU 2 hat eine blauempfindliche Emulsion, die ZP 1 eine rot empfindliche. Die Annäherung des internationalen UBV-Systems durch die angegebenen Platten-Filter-Kombinationen ist sehr gut. Die in den Gleichungen (4) verwendeten Korrekturgrößen w_u , w_l und w_v haben etwa die folgenden Werte:

$$w_u = 0 \quad w_l = 0,10 \text{ bis } 0,15 \quad w_v = 0,12 \text{ bis } 0,17$$

Es bliebe nun noch die Berücksichtigung des Einflusses der Erdatmosphäre. Dies kann durch geschickte Anlage der Beobachtungen geschehen. Wenn die Aufgabe steht, von Sternen eines bestimmten Feldes zur Lösung einer Fragestellung UBV-Helligkeiten zu messen, ist es am günstigsten, wenn innerhalb des Feldes eine Sequenz von Standardsternen vorhanden ist. Eine Standardsequenz ist eine Folge von Sternen, von denen richtige UBV-Helligkeiten bekannt sind. Dann hat man durch eine einzige Aufnahme die unbekannten Sterne und die Eichsterne auf der Photoplatte, d. h. beide Sterngruppen sind unter denselben atmosphärischen Bedingungen photographiert worden. Wenn das Feld nicht zu groß ist, spielen differentielle Effekte auch eine untergeordnete Rolle und brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Ist dieser günstige Fall nicht gegeben, dann nimmt man am besten nacheinander auf ein und dieselbe Platte zuerst das Feld mit den Eichsternen auf, dann das Feld mit den unbekannten Sternen und schließlich noch einmal das Feld mit den Eichsternen. Die Aufnahmen 1 und 3 müssen dabei auf der Photoplatte leicht gegeneinander verschoben sein. Die Aufnahmen sollen auch so angelegt sein, daß sie alle bei der gleichen Höhe gemacht werden können. Man müßte also das Einfeld bei der ersten Aufnahme östlich des Meridians vor der Kulmination und bei der dritten Aufnahme westlich des Meridians nach der Kulmination in der Höhe photographieren, in der man auch das Feld der unbekannten Sterne aufnimmt.

Weiterhin müssen die Aufnahmen so schnell als möglich nacheinander gemacht werden. Durch die gleichen Aufnahmhöhen hat man immer die gleichen Lichtweglängen durch die Erdatmosphäre. Die zweimalige Aufnahme des Eichfeldes vor und nach dem unbekannten Feld gibt die Möglichkeit, Extinktionsänderungen in der Erdatmosphäre infolge Witterungseinflüssen zu erkennen.

Standardsterne mit gut vermessenen UBV-Helligkeiten sind mehr oder weniger dicht über den ganzen Himmel verteilt. Besonders konzentriert findet man sie aber in offenen Sternhaufen wie den Plejaden, h und γ Persii, oder anderen.

Die Spiralstruktur unseres Milchstraßensystems

Wie unsere Sonne ein normaler Fixstern unter den Milliarden Sternen unseres Milchstraßensystems ist, so ist unser Milchstraßensystem wieder ein Objekt unter Milliarden gleichartiger. Da die Sonne aufgrund ihrer Nähe besser von der Beobachtung erfaßt werden kann als die anderen Fixsterne, hat die eingehende Beschäftigung mit dem Fixstern Sonne entscheidend zum Verständnis der Sternentwicklung überhaupt beigetragen. Man kennt heute den Lebensweg der Bausteine der Sternsysteme — nämlich der Einzelsterne — im allgemeinen gut. Die

Kenntnisse von der Entwicklung ganzer Sternsysteme hingegen sind weit geringer, als die Kenntnisse von den Bausteinen.

Auch hier hofft man, durch die umfassende Beschäftigung mit der uns nächsten und dadurch gut beobachtbaren Galaxis, unserem Milchstraßensystem, Kenntnisse über die Entwicklung der Galaxien überhaupt zu gewinnen; wie auch die Beobachtung anderer Galaxien zum Verständnis von Vorgängen in unserem Milchstraßensystem führen wird.

Aus diesem Grunde trafen sich in Basel zum 38. Symposium der Internationalen Astronomischen Union vom 29. 8. 1969 bis zum 4. 9. 1969 über 100 Astronomen – Theoretiker und Beobachter – aus mehr als 20 Ländern. Das Thema des Symposiums hieß: „Die Spiralstruktur unseres Milchstraßensystems“. Ausführliche Berichte darüber stehen im „Orion“, Band 14, Heft 6, Seite 143 (von Tamman), in „Sky and Telescope“ Band 38, Seite 392 und Band 39, Seite 21 (von Bok), sowie in „Die Sterne“, Heft 1, 1970, Seite 11 (von Richter).

Die Theoretiker zeigten in Basel unter anderem, daß für die Erhaltung der eindrucksvollen Spiralstruktur der Sternsysteme magnetische Kräfte, die man vor ca. 10 Jahren für entscheidend hielt, weniger wichtig sind als die Gravitationskräfte. Auf die Bedeutung der Gravitationskräfte für die Spiralstruktur wies früher schon der bekannte Astronom Lindblad hin. Nach neuesten Theorien erzeugen die Gravitationskräfte Senken, die sich spiralförmig um den Kern einer Galaxis winden und in die die interstellare Materie „hineinfällt“. Junge Sterne, die sich aus dem interstellaren Gas bilden, liegen dann auch in den Senken. Nach dieser Theorie dürften die Spiralarme nicht bis in das Zentrum der Galaxien reichen.

Die optisch beobachtenden Astronomen wiesen aber nun in Basel in einigen Fällen deutlich nach, daß Spiralarme – z. B. bei den Galaxien M 100 und M 101 – bis in die jeweiligen galaktischen Zentren reichen. Die Klärung gerade solcher Widersprüche wird zur Erweiterung des Wissens um die Probleme führen.

Ein schon lange bekannter Gegensatz besteht zwischen der von den optisch und der von den radiotechnisch beobachtenden Astronomen nachgewiesenen Spiralstruktur: die optischen und radioastronomischen Spiralarme fallen keinesfalls überall zusammen. Dieser Widerspruch trat auch beim Baseler-Symposium wieder deutlich zutage, ohne geklärt werden zu können. An der Lösung dieses Rätsels wird in den nächsten Jahren intensiv gearbeitet werden.

Dr. S. MARX

Aus der Literatur

Zweites IAU-Kolloquium über interstellaren Staub

Über dreißig Astronomen versammelten sich im August 1969 an der Universitäts-Sternwarte in Jena zum II. Kolloquium der Internationalen Astronomischen Union über interstellaren Staub.

Nach der Eröffnung durch Prof. LAMBRECHT (Jena) als Vorsitzenden des Nationalkomitees für Astronomie der DDR sprachen Prof. KESSLER und Prof. TREDER Begrüßungsworte im Namen der FRIEDRICH-SCHILLER-Universität und der Deutschen Akademie der Wissenschaften.

Den Auftakt des wissenschaftlichen Teils bildete ein einführender Bericht von Prof. SCHALEN (Lund, Schweden), der die geschichtliche Entwicklung der Staubbeforschung dar-

stellte. P.CUGNON (Observatoire Royal, Brüssel, Belgien) sprach über die Ausrichtung von Staubteilchen durch interstellare Magnetfelder. Eine Reihe von Vorträgen, die wir hier summarisch erwähnen, beschäftigte sich mit Beobachtungen der interstellaren Extinktion und Polarisation, die deutlich machen, daß die Wellenlängenabhängigkeit von Extinktion und Polarisation nicht überall die gleiche ist. J. M. GREENBERG (Troy, N. Y.) teilte Ergebnisse von Berechnungen der Temperaturen der Staubteilchen mit, und K.-H. SCHMIDT (Universitäts-Sternwarte Jena) trug theoretische und beobachtliche Hinweise für die Existenz von interstellarem Staub in sehr großen Abständen von der galaktischen Ebene vor.

K. MATTILA (z. Z. Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl) sprach über eine Flächenphotometrie des bekannten „Kohlensacks“ im Sternbild Kreuz des Südens. Ch. FRIEDEMANN (Universitäts-Sternwarte Jena) beschäftigte sich mit der Deutung der Veränderungen der Polarisation in langperiodischen Veränderlichen durch Graphitteilchen in ihren Atmosphären. K.-H. SCHMIDT stellte fest, daß offenbar ein genetischer Zusammenhang zwischen den Reflexionsnebeln und den sie beleuchtenden Sternen besteht und daß es sich nicht um eine zufällige Begegnung von Stern und Staubwolke handelt. S. MARX (Universitäts-Sternwarte Jena) fand aus Extinktionsbeobachtungen, daß die interstellaren Dunkelwolken einen Dichteabfall zum Rande hin aufweisen. Eindrucksvolle Filteraufnahmen des Orionnebels von M. PERINOTTO (Osservatorio Astrofisico, Asiago, Italien) zeigten deutlich die unterschiedliche Struktur des Nebels im Lichte des Kontinuums und etwa der Wasserstofflinien. WESSELIUS (Kapteyn Laboratorium, Groningen, Niederlande) zeigte, daß eine allgemeine großräumige Korrelation zwischen Wasserstoff und Staubbichte in der Galaxis nicht besteht.

H. SEDDON (Royal Observatory, Edinburgh, Großbritannien) teilte einige neuere Ergebnisse bezüglich des interstellaren Absorptionsbandes bei 4430 Å mit. Er vermutete, daß es sich bei dem Maximum der Extinktionskurve im ultravioletten Spektralbereich um ein neues interstellares Band handeln könnte. J. LEFEVRE (Observatoire de Nice, Frankreich) berichtete über experimentelle Untersuchungen der Streueigenschaften sehr kleiner Teilchen. Von J. DORSCHNER (Universitäts-Sternwarte Jena) wurde die Möglichkeit betrachtet, daß der interstellare Staub ein Nebenprodukt bei der Entstehung von Planetensystemen ist. J. M. GREENBERG (Troy, N. Y.) folgte aus dem Vergleich von Beobachtungen und Modellrechnungen von Reflexionsnebeln, den er gemeinsam mit M. HAMMER durchgeführt, daß Graphitteilchen nicht den Hauptbestandteil des interstellaren Staubes bilden.

J. DORSCHNER zeigte, daß die Bandenstruktur bestimmter Silikate im Infraroten gut mit den Beobachtungen übereinstimmt. Nach den Untersuchungen von K.-H. SCHMIDT rührt ein Teil der interstellaren Extinktion bei sehr frühen, jungen Sternen aus deren unmittelbarer Umgebung her, was als weiterer Hinweis für den engen Zusammenhang zwischen Staub- und Sternentstehung betrachtet werden muß. H. ZIMMERMANN (Universitäts-Sternwarte Jena) studierte in seinem Beitrag das Verhalten der Staubteilchen beim Zusammenstoß interstellarer Wolken.

Prof. GREENBERG gab eine kritische Bestandsaufnahme, indem er die Fortschritte, die in den einzelnen Bereichen der Staubborschung seit dem ersten Kolloquium über interstellaren Staub in Troy N. Y. 1965, erzielt wurden, würdigte und auf die offenen Probleme hinwies. Bis jetzt gibt es noch kein allgemein akzeptiertes Staubmodell. Vermehrte Beobachtungen der Extinktion im ultravioletten und infraroten Spektralbereich sowie genauere Photometrien von Reflexionsnebeln können hier helfen. Dabei steht allerdings fest, daß in der Galaxis kein einheitliches Extinktionsgesetz gilt. Die Bedeutung des interstellaren Staubes für das Verständnis der Entstehung der Sterne aus interstellarer Materie ist evident. Laboratoriumsmessungen der Streueigenschaften kleiner Teilchen sind sehr wichtig. Auch die Molekülbildung hängt eng mit den physikalischen Eigenschaften der Staubteilchen zusammen. Interessant ist weiterhin die Frage nach einer Korrelation zwischen interstellarem Gas und Staub, über die bisher noch keine Einmütigkeit erreicht wurde.

Gekürzt nach: J. Gürtler in „Jenaer Rundschau“, Sonderheft, Leipziger Frühjahrsmesse 1970.

War die Erde früher leichter?

Die sowjetischen Geologen L. S. Smirnowa und Ju. N. Ljubina vom Unions-Forschungsinstitut für Erdölshürfungen (Leningrad) konnten feststellen, daß bei Sedimenten früherer Zeiten die Größe des Neigungswinkels der Ebenen von Sandbänken bedeutend über der des natürlichen Böschungswinkels für lockere Sande im Wassermilieu liegt. Nach Bearbeitung einiger tausend Messungen (eigene Messungen und aus der Literatur entnommene Messungen) in Sedimenten verschiedenen Alters (von Sedimenten der heutigen Zeit bis zu Sedimenten mit einem Alter von 1,5 bis 2,0 Mrd. Jahren) stellten sie fest, daß eine deutliche Tendenz zur Zunahme des Neigungswinkels der Ebenen von Sandböschungen sowohl in Flüssen als auch an den Meeresküsten zu beobachten ist.

Nach Ansicht der Forscher ist einer der Gründe für den zu beobachtenden Effekt in der zunehmenden Beschleunigung der Schwerkraft (g) im Laufe der Zeit zu suchen. Die experimentellen Angaben berechtigen zu der Annahme, daß sich g seit dem Proterozoikum bis in unsere Zeit um ein Vielfaches erhöht hat. Eine solche Erhöhung kann mit dem Masse-

zuwachs der Erde zusammenhängen, der den Zuwachs durch ausfallende kosmische Stoffe übersteigt. Die Herkunft dieser Masse ist jedoch unbekannt.

Nach: „Priroda“ Nr. 2, 1970

Nova Vulpeculae 1968

Im „Orion“ vom Februar 1970 findet man einen kurzen Rückblick auf den Verlauf der abnehmenden Helligkeit der Nova Vulpeculae 1968 für den Zeitraum von Juni 1968 bis November 1969. Da die Nova im Maximum eine scheinbare Helligkeit von 5 Größenklassen hatte, ist sie sicher auch von vielen Amateuren beobachtet worden.

Die Lichtkurve ist auf der Grundlage der Ergebnisse von mehreren Beobachtern für den erwähnten Zeitraum, in dem die Helligkeit bis zur 13. Größenklasse abnahm, dargestellt, und andere Beobachter können ihre eigenen Ergebnisse hiermit sehr gut vergleichen.

Weiterhin wird darauf aufmerksam gemacht, daß die Nova Vulpeculae 1968 interessante Farbänderungen zeigte. In den ersten Tagen nach dem Ausbruch hatte sie einen (B - V)-Wert von 1,0 (oranger Stern wie Pollux). Der (B - V)-Wert nahm dann sehr schnell ab auf 0,6 (weißgelb wie Polaris) und betrug in den letzten Tagen der Beobachtungsperiode nur noch 0,0 (blauweiß wie Wega). Sm.

„Orion“ Nr. 116, Februar 1970, Seite 18.

Einfache Fernsehsatelliten-Empfangsstation

Eine in ihrer Grundkonzeption relativ einfache und deshalb für ein wenig aufwendiges Satellitenfernsehen richtungsweisende Bodenstation wurde von den kanadischen „Northern Electric Laboratories“ entwickelt.

Die Anlage besitzt einen polar montierten Antennenspiegel von nur 8 m Durchmesser, dessen Oberfläche ein nahezu parabelförmiges Profil besitzt. Entsprechend den extremen, in Kanada vorkommenden Witterungsverhältnissen ist die Antenne bei Windgeschwindigkeiten bis zu 200 km/h bei gleichzeitiger Vereisung der Oberfläche bis zu 12 mm Dicke ohne Beeinträchtigung funktionstüchtig.

Die elektrische Konzeption erscheint im Vergleich zu bisherigen Anlagen einfach und wirtschaftlich. Das Verstärkersystem ist direkt in der Antenne untergebracht. Zur Anwendung kommt ein parametrischer Verstärker, jedoch erstmals bei einer Station dieser Art ohne Kühlung durch Helium oder andere Tiefkühlmittel. Nach der Verstärkung erfolgt eine direkte Umsetzung der Empfangssignale in einen der üblichen Fernsehbereiche, sodaß den regionalen Sendern die Programme ohne weitere Umsetzung zur Verfügung stehen. Der Frequenzbereich der Station beträgt 3,7 ... 4,2 GHz.

Die Entwicklung dieser bisher wohl einfachsten Fernsehsatelliten-Bodenstation ist unmittelbar im Zusammenhang mit dem für 1972 geplanten Start eines kanadischen Fernseh-Verteilersatelliten zu sehen.

Funkschau, 41 (1969), H. 24, S. 848.

H. D. N.

Zweite Antenne in Pleumer-Bodou in Betrieb genommen

Im Dezember 1969 wurde in der französischen Nachrichtensatelliten-Bodenstation Pleumer-Bodou die zweite Hochleistungs-Antennenanlage in Betrieb genommen. Gegenüber der ersten Anlage zeichnet sie sich durch erhöhte Leistungsfähigkeit und erweiterte Einsatzmöglichkeiten aus.

Der Hauptreflektor der Antenne hat einen Durchmesser von 27,5 m. Er ist aus 252 Segmenten zusammengesetzt, die von einer Stahlrohrkonstruktion getragen werden. Die Segmente bestehen aus auf Alu-Spanten vernieteter Alu-Folie. Die gesamte Antenne wiegt 280 t. Sie steht auf einem Stahlbetonbau von 9 m Durchmesser, der auf einem natürlichen Granitsockel errichtet wurde.

Die Antenne ist nicht, wie die erste Anlage, unter einem Radom untergebracht, sondern unmittelbar den Umweltbedingungen ausgesetzt. Ihre Betriebsfähigkeit ist für

Temperaturen von -15°C ... $+35^{\circ}\text{C}$,

Windgeschwindigkeiten bis zu 75 km/h (Böen bis zu 100 km/h),

Dauerregen bis zu 6 mm/h

konzipiert. Die Verformungen der Oberfläche bleiben bei den genannten Windbelastungen unter 3 mm. Bei Windgeschwindigkeiten über 100 km/h werden Satellitenfunkverbindungen nicht mehr gewährleistet, bei 115 km/h muß die Antenne verankert werden. Dabei befindet sie sich in Zenitstellung und kann bis zu 195 km/h aushalten.

Die Antenne ist auf jeden Himmelspunkt ausrichtbar (Drehbarkeit $0 \dots 90^\circ$ in der Höhe, $\pm 360^\circ$ seitlich) und damit nicht nur für stationäre Satellitensysteme (Intelsat) geeignet, sondern auch für nichtstationäre (z. B. Molnija). Zu diesem Zweck verfügt sie über eine automatische (satellitengesteuerte) Nachführung mit $0,02^\circ$ Nachführungsgenauigkeit. Sie kann ferner von Hand oder nach Programm nachgeführt werden. Der Antrieb der Achsen erfolgt durch Hydraulikaggregate mit zwischen 0 und $3^\circ/\text{sec}$ regelbarer Antriebsgeschwindigkeit.

Die Frequenzbereiche der Anlage betragen

für Empfang $3,7 \dots 4,2$ GHz,

für Senden $5,925 \dots 6,425$ GHz.

Die Gesamtkonzeption der Anlage gestattet im Bedarfsfall einen weiteren Ausbau für neue Verbindungen, sodaß Frankreich damit für künftige Entwicklungen bei Nachrichtensatelliten weitgehend gewappnet ist.

Funktechnik, 25 (1970), H. 4, S. 118.

H. D. N.

Das eingeschränkte Apollo-Mondflugprogramm

(kn) Die Mittel für die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA sind noch stärker als erwartet gekürzt worden. Für das Haushaltsjahr 1970/71 sollen nur noch 3,4 Milliarden Dollar zur Verfügung stehen. Daraus ergaben sich eine ganze Reihe von notwendigen Veränderungen im amerikanischen Raumfahrtprogramm. Das Apollo-Mondflugprogramm sieht nun grundsätzlich anders aus. Es werden pro Jahr nicht, wie ursprünglich geplant, drei, sondern nur noch 2 Mondflüge stattfinden. Im Jahre 1972, in dem kein Mondflug ausgeführt werden soll, beabsichtigen die USA mit einer Saturn-V-Rakete eine Experimental-Raumstation für 3 Mann Besatzung zu schaffen. Dabei ist vorgesehen, die letzte Raketenstufe so zu präparieren, daß sie von den Astronauten in eine Raumstation umgebaut werden kann. Der Besatzungswechsel soll mit einer Apollo-Kabine erfolgen. Für das Jahr 1975 ist dann nach den vorläufigen Plänen der Bau der ersten Einsatz-Raumstation vorgesehen. Hier sollen einzelne vorgefertigte Segmente nacheinander auf die Umlaufbahn gebracht und dort zu einer Station zusammengebaut werden. Als Trägerrakete ist wiederum die Saturn V vorgesehen. Es erscheint jedoch fraglich, ob der vorgesehene Termin eingehalten wird, denn auf Grund der Mittelkürzungen mußte festgelegt werden, daß die Produktion der Saturn V vorläufig eingestellt wird, die NASA ist finanziell nicht in der Lage, weitere Saturn-V-Raketen bei den Herstellerfirmen zu bestellen.

Aus: Fliegerrevue 4/206, 1970.

Neue Schulsternwarte in Osterfeld (Kr. Zeltz) eröffnet

Im Mai 1968 war auf dem Schulgelände mit dem Bau der am 31. 8. 1969 in Betrieb genommenen Schulsternwarte begonnen worden. Die Ausschachtungsarbeiten am Gebäude, die Maurerarbeiten (außer Putz), die meisten Montage- und Malerarbeiten wurden von der seit längerer Zeit bestehenden Arbeitsgemeinschaft Astronomie ausgeführt. Nur wenige Spezialarbeiten wurden entlohnt. Eltern und Betriebe stellten freiwillige Helfer. Auch Schüler, die nicht der Arbeitsgemeinschaft angehörten, beteiligten sich an den Einsätzen.

1400 freiwillige Arbeitsstunden wurden geleistet, davon 750 allein durch die Arbeitsgemeinschaft. Für den Bau stellten der Rat der Stadt Osterfeld und die Räte von 5 umliegenden Gemeinden insgesamt 1800 Mark zur Verfügung. Die Abteilung Volksbildung beim Rat des Kreises bezahlte das Fernrohr und einen Teil der Dachkonstruktion. Etwa 6000 Mark wurden in freiwilligen Einsätzen erarbeitet, so daß die Schulsternwarte (einschließlich Fernrohr) einen Wert von 14 000 Mark hat. Das Gebäude mit seinem ausfahrbaren Schiebedach ist für 2 Fernrohre vorgesehen, zur Zeit jedoch erst mit dem Amateurfernrohr 80/1200 und der parallaktischen Montierung 1b ausgestattet; der Raum ist $4,50 \times 3,00$ m groß.

Nach: Astronomie in der Schule, Heft 2/70

Voraussage der leuchtenden Nachtwolken

H. Hn. Die sowjetische Zeitschrift „Sputnik“ veröffentlichte im Vorjahr einen Beitrag von Robert Witolniek. Der Autor, der in dem Städtchen Parogre – unweit von Riga – lebt, befaßt sich seit acht Jahren mit der Beobachtung der leuchtenden Nachtwolken. Bereits als Schüler gelang es ihm, das Auftauchen dieser Naturscheinung vorauszusagen. Robert Witolniek ist jetzt Fernstudent an der Philosophischen Fakultät der Moskauer Universität und zugleich Assistent eines Observatoriums. Aus seinem Bericht entnehmen wir (gekürzt):

Wir lebten damals an der Ostseeküste, in Lijepaja. Ich ging in die 5. Klasse, da las ich das Buch „Interessante Astronomie“, dem alle erreichbaren populärwissenschaftlichen Bücher auf dem Gebiet der Astronomie und Raumfahrt folgten. Abends suchte ich gemeinsam mit

meiner Mutter in einem Himmelsatlas die verschiedenen Sterne und Sternbilder. Meine Mutter spricht acht Fremdsprachen und übersetzte mir die einschlägige Fachliteratur, denn mit der Zeit ging ich von der populärwissenschaftlichen zur wissenschaftlichen Literatur über. Ich suchte das Astrophysikalische Observatorium der Akademie der Wissenschaften der Lettischen SSR in Riga auf, um dort vielleicht irgendwelche Ratschläge für die weitere Arbeit zu bekommen. Der Direktor des Instituts, Prof. Dr. Jan Ikaunieks, hörte mir aufmerksam zu und stellte mir dann einige schwierige Fragen. Da meine Antworten befriedigten, wagte ich, um einen bescheidenen Beobachtungsauftrag zu bitten. Meinem Wunsch wurde entsprochen. Ich sollte den Stern Delta Cephei ein Jahr lang beobachten und die periodische Änderung seiner scheinbaren Helligkeit graphisch darstellen. Die Cepheiden sind schon hinreichend gut erforscht, und ich begriff erst später, daß man auf diese Weise meine Gewissenhaftigkeit prüfen wollte. Ich war damals erst elf Jahre alt.

Ich will es offen sagen, das war eine ernste Prüfung. Jede Nacht, kaum daß der Himmel von Wolken frei war, ging ich zur Beobachtung ins Freie. Das verlangte große Anspannung, denn ich mußte stehend fast in den Zenit blicken. In dieser Stellung galt es viele Minuten zu verweilen, um die scheinbare Helligkeit von Delta Cephei mit der anderer bekannter Sterne zu vergleichen. Nach einem Jahr konnte ich dem Astrophysikalischen Observatorium eine genaue graphische Darstellung der veränderlichen Helligkeit des Delta Cephei liefern.

Diesmal wurde ich sehr herzlich aufgenommen, und man ermöglichte mir sogar, Mitglied der Uniongesellschaft für Astronomie und Geodäsie zu werden. Ein neuer Auftrag sah vor, zwei weniger erforschte Sterne systematisch zu beobachten. Als auch diese Aufgabe gelöst war, erfuhr ich, daß die Gesellschaft während des Internationalen Geophysikalischen Jahres die Beobachtung der leuchtenden Nachtwolken durchführen würde. Ich begann mich sofort für alles zu interessieren, was bereits über dieses Phänomen publiziert worden war. Diese sonderbare Naturerscheinung wird vor allem in nördlichen Breiten beobachtet. Die Wolken befinden sich in einer Höhe von 82 km.

Rätselhafterweise tauchen die leuchtenden Nachtwolken nur in den Sommermonaten auf, wo man sie nach Sonnenuntergang sehen kann. Zuweilen leuchten sie jedoch so schwach, daß nur das gut trainierte Auge eines erfahrenen Beobachters sie erfäßt. Manchmal aber kann man bei ihrem Licht sogar Bücher lesen. Die Wolken bewegen sich zigarrenförmig oder in Form von Kämmen, Streifen oder Spiralen über dem nördlichen Horizont.

Bisher war es nicht möglich, die Zeit vorauszusagen, zu der sie auftauchen. Über ihre Herkunft gab es die verschiedensten Hypothesen. Es reizte mich, an der Beobachtung dieser Wolken teilzunehmen. Darum bat ich, mich als Beobachter in Sigulda anzustellen. Der Beobachtungsposten in Sigulda ist ein kleines Holzhaus, an dem man eine Wand herunterlassen kann. Vor dieser Wand steht ein Photoapparat für Luftbilder, der über ein sehr lichtstarkes Objektiv mit großer Brennweite verfügt. Das ermöglichte, selbst schwach leuchtende Nachtwolken in einer Entfernung von mehreren hundert Kilometern zu fotografieren. Neben dem Beobachter steht ein Radioapparat, der auf die Welle des Observatoriums von Nauen eingestellt ist und die Sekundenimpulse der genauen Zeit durchgibt. Eine Hand hält die Stoppuhr, mit der anderen Hand muß man den Verschluss des Photoapparates betätigen und die Eintragungen ins Dienstjournal machen: Lufttemperatur, Druck, Zeitpunkt und Azimut der Aufnahme sowie andere Daten. Die Arbeit muß mit größter Präzision geleistet werden, kommt es doch darauf an, daß die Meßzeiten des Beobachters in Sigulda exakt mit denen der Beobachter in Tartu und Tallinn übereinstimmen. Nur so ist es möglich, Höhe und Geschwindigkeit jeder Wolke zu errechnen.

Je mehr ich mich mit der Beobachtung der Wolken befaßte, desto mehr bohrte die Frage in mir, was das eigentlich für Erscheinungen sind. Ich wußte, daß selbst eine kleine Entdeckung im Hinblick auf dieses rätselhafte Phänomen den Anstoß für andere wissenschaftliche Entdeckungen geben könnte. Eines Tages sah ich in einer ausländischen Zeitschrift eine erstaunlich bekannte Kurve. Offen gesagt, ich hätte sie überall erkannt, so hatte sie sich mir eingeprägt. Es war die graphische Darstellung für das Auftauchen der Ionosphärenschicht E_s über ein Jahr. Wenn diese Schicht entsteht, kann man mit Fernsehgeräten Sendungen über sehr große Entfernungen empfangen. Diese graphische Darstellung ähnelte sehr der Kurve des Auftauchens von leuchtenden Nachtwolken. Vielleicht war das ein Zufall? Man müßte sich davon überzeugen, daß es kein Zufall war. Ich brauchte einen Fernseh-amateur, der entlegene Sender empfängt. Rasch verschaffte ich mir die Adresse von Leopold Ozols, einem der ersten, der in den baltischen Republiken mit seinem Fernsehgerät Sendungen aus England, Frankreich, Italien und Amerika empfing. Ich bat ihn um Rat. Ozols zeigte mir seine Eintragungen über den Empfang solch entlegener Sender. Daraus entnahm ich ein Diagramm, das ich mit der graphischen Darstellung des Auftauchens der Wolken für diese Jahre verglich. Und in allen Fällen stimmten die Kurven überein. Also bestand irgendein Zusammenhang zwischen dem Empfang dieser entlegenen Fernsender und den Silberwolken.

Es ist bekannt, daß die Erde von einer ionisierten Atmosphärenschicht umgeben ist, der Ionosphäre. Lange, kurze und mittlere Wellen können unter gewöhnlichen Umständen diese Hülle nicht durchdringen und werden von ihr reflektiert. Deshalb kann man mit ihrer Hilfe Rundfunkübertragungen über sehr große Entfernungen empfangen. Anders steht es mit den Ultrakurzwellen. Die Ionosphäre, dieser kosmische „Spiegel“, reflektiert keine Ultrakurzwellen, sondern diese durchdringen sie fast überall. Deshalb kann man Ultrakurzwellen nur

über Entfernungen empfangen, die der direkten Sicht des Senders oder der Relaisstation entsprechen. Bekanntlich werden auch Fernsehsendungen von Ultrakurzwellen übertragen.

Doch mitunter empfangen Teleamateure plötzlich Sendungen aus Hunderten und Tausenden Kilometern Entfernung. Das läßt sich damit erklären, daß in der Ionosphäre eine besondere, verdichtete Schicht auftritt, die in der Regel Wellen mit einer Frequenz von 40 bis 100 Megahertz reflektiert. Diese Schicht nennt man Es. Auf Anraten von Leopold Ozols richtete ich unseren Fernsehapparat zu Hause etwas anders ein. Damit er empfindlicher wurde, erweiterte ich das Schema des Gerätes. Im Hof stellte ich eine nach Zeichnungen von Ozols gefertigte Spezialantenne mit parabolischen Reflektoren auf.

Nach einigen Tagen des Suchens im Äther konnte ich mit Hilfe meines Gerätes regelmäßig Tartu, Kuldiga, Siauliai, Kaunas und andere Städte empfangen. Die Antenne sicherte eine gute Auswahl und eine große Verstärkung. Jetzt konnte ich zu meinem Experiment übergehen. An jenem Tag war es noch hell, als ich schwarze Streifen auf dem Bildschirm bemerkte. Das war genau das, was ich erwartete. Nach diesen Streifen mußten die Testtabellen der Sender auftauchen. Ich brauchte nur einige Minuten zu warten, und sie waren wirklich da. Es war eine Sendung aus London. Ich verstellte den Hebel ein wenig, und schon hatte ich eine Sendung aus Italien auf dem Bildschirm. An diesem Abend konnte ich zum ersten Mal über die Ionosphäre Sendungen aus großen Entfernungen empfangen.

Am nächsten Tag fuhr ich zum Astrophysikalischen Observatorium und sagte dort, daß in zwei Tagen leuchtende Nachtwolken zu erwarten seien. Konnten die Fachleute mir glauben? Wurde doch diese Erscheinung bisher nie von Wissenschaftlern oder Beobachtern vorausgesagt. Doch die Wolken tauchten genau an dem Tag auf, den ich angegeben hatte. Später habe ich dem Observatorium noch oft das Auftreten neuer Wolken gemeldet. Als sich alle davon überzeugt hatten, wurde nach einer Erklärung für den Zusammenhang zwischen der Schicht Es und dem Auftauchen von leuchtenden Nachtwolken gesucht. Möglicherweise gibt es irgendeine gemeinsame Ursache für beide Erscheinungen. Doch das wird sich mit der Zeit klären lassen.

Eine große und angespannte Arbeit steht noch bevor. Gegenwärtig montiere ich spezielle automatische Geräte, die mit großer Präzision die Beobachtung der Wolken und der Es-Schicht registrieren. Zu Hause richte ich eine Beobachtungsstation ein, mit der man nicht nur photometrische, sondern auch radiophysikalische Forschungen über dieses Phänomen vornehmen kann.

Spektren außergalaktischer Objekte ermittelt

Die Astrophysiker der DDR Peter Notni und Werner Bronkalla haben im Astrophysikalischen Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auf der Krim Spektren außergalaktischer Objekte erhalten, die sich als Quasistellar erweisen könnten. Die Wissenschaftler aus Potsdam arbeiteten an einer der größten Anlagen Europas, einem Spiegelteleskop mit 2,6 m Spiegeldurchmesser, das mit modernen Lichtempfängern ausgestattet ist. (ADN)

Buchbesprechungen

Jupiterbeobachtungen

Dem Leser wird hier in übersichtlicher Darstellung das Fazit einer fast 40jährigen Beobachtungsreihe des Planeten Jupiter vorgestellt. Es handelt sich dabei ausschließlich um Beobachtungen von Vorgängen auf der Oberfläche des Planeten. Hierbei waren dem Autor für die Darstellungsweise und Aufzeichnung der Beobachtungen seine beruflichen Fähigkeiten – er ist Kunstmaler – sehr von Nutzen, denn er erkannte schnell, wie man die Veränderungen auf dem Jupiter anschaulich festhalten und wiedergeben kann. In der Veröffentlichung beschreibt der Autor kurz seine Beobachtungsmethode und gibt auch ca. 50, meist farbige Zeichnungen von Detailstrukturen der Jupiteroberfläche wieder.

Die umfangmäßig wesentlichen Abschnitte der Schrift beschäftigen sich mit Beobachtungen interessanter Einzelercheinungen (Färbungen des Planeten). Des weiteren gibt der Autor eine Beschreibung bezüglich Form und Farbe verschiedener Strukturelemente. Da es sich um jeweils längere Beobachtungsreihen handelt, werden die Bewegungen verschiedener markanter „Flecke“ und anderer Strukturelemente der Jupiteroberfläche im Laufe der Zeit in bezug zueinander betrachtet – Flecke, die aufeinander zulaufen oder sich als Einzelobjekte jeweils in etwa der gleichen Richtung über den Jupiter bewegen.

Bei diesen Betrachtungen spielen natürlich alle Vorgänge um den Großen Roten Fleck eine besondere Rolle und werden ausführlich behandelt.

In einem abschließenden Kapitel versucht der Verfasser eine Aussage über mögliche Periodizitäten von Vorgängen auf dem Jupiter zu machen; er kommt dabei aber zu dem

Fortsetzung 3. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Halbjahr 1970

Refraktor: 50 mm
 R_m : Monatsmittelwert
 N = Fleckenfreie Tage

Vergrößerung: 30fach
 n = Anzahl der Beobachtungen

Monat	R_m	n	N
Januar	46,3	4	1
Februar	—	—	—
März	51,0	12	—
April	58,3	14	—
Mai	60,8	16	—
Juni	62,2	22	—
I. Vierteljahr	50,0	16	1
II. Vierteljahr	60,4	52	—
I. Halbjahr	55,2	68	1

Das letzte Halbjahr brachte uns eine Überraschung. Seit März stiegen die Monatsmittel stetig an von $R_m = 51$ bis $R_m = 62,2$. Die Schwankungsbreite ist auffallend groß, am 1.1. war der einzige fleckenfreie Tag und am 22.6. wurde mit 9 Gruppen die „100-Grenze“ überschritten. Auffallend ist weiterhin, daß zwischen gesteigerter Tätigkeit Zeiten mit äußerst geringer Relativzahl beobachtet wurden. Betrachtet man die Sonnenkugel als Ganzes, dann folgt daraus eine bevorzugte Hälfte mit verstärkter Sonnentätigkeit.

Drei Zeitabschnitte sind bemerkenswert: vom 8.–14.4. mit dem Tageshöchstwert von 91. vom 15.–19.5. und vom 12.–18.6. Im Mai und Juni waren die Gruppen zur Zeit der maximalen Entwicklung vielfach in kleinste Flecken aufgesplittet, so daß neben den größeren Flecken ein abwechslungsreiches Bild entstand. Die mittlere Fleckenzahl pro Gruppe schwankte zwischen 5 und 6. Der unerwartete Anstieg bleibt noch unter dem Höchstwert zur Zeit des Maximums im Jahre 1968 (Vierteljahresdurchschnittswert von rund 70 für R_m).

Es ist ein vortrefflicher Gedanke, diese Aufgipfelungen bei im allgemeinen absinkender Tendenz als Nebenmaxima zu bezeichnen. Herr Schulze aus Magdeburg hat in seinem Aufsatz „Nebenmaxima in den Sonnenfleckenzyklen 0–20“ („Sterne“ 1970, Heft 2) Verteilung und Größe dieser Nebenmaxima genauer untersucht. Irgendeine gesetzmäßige Beziehung zum vorausgegangenen Hauptmaximum läßt sich kaum nachweisen.

Im Februar konnte ich wegen Krankheit nicht beobachten.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Der Merkurdurchgang am 9. Mai 1970 beobachtet in Potsdam

Der Merkurdurchgang war ein viele Bürger interessierendes astronomisches Ereignis. Vom ersten bis zum letzten Kontakt waren die Volks- und Schulsternwarte der Bürgerschule sowie die Jugendsternwarte „W. Komarow“ von Bundesfreunden besetzt. Um aber auch anderen Bevölkerungskreisen Gelegenheit zu geben, dieses seltene Ereignis zu beobachten, hatte die Astronomische Arbeitsgemeinschaft an zwei öffentlichen Plätzen Refraktoren mit 80 und 67 mm Öffnung aufgestellt. Die Beobachtungen wurden durch Erläuterungen und Demonstrationen von Modellen ergänzt und veranschaulicht. Zwei weitere Fernrohre mit 100 und 63 mm Öffnung standen vor dem Planetarium im Neuen Garten. Dort fanden auch Kurzvorführungen zum Tagesthema statt.

Das wolkenlose Wetter begünstigte die Beobachtungen, so daß über 2300 Personen das Wandern des winzigen Planetenscheibchens auf der Sonnenscheibe entweder am Projektionsschirm oder im Herschelprisma verfolgen konnten.

Zwischen den insgesamt 5 Beobachtergruppen, die vorwiegend von jugendlichen Sternfreunden geleitet und betreut wurden, bestand durch Kuriere ein beständiger Erfahrungsaustausch. In der Jugendsternwarte wurde der Verlauf des Merkurdurchganges mit Hilfe des MENISCAS 150/2250 in mehreren gut gelungenen Farbaufnahmen festgehalten.

A. ZENKERT

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

Elektronische Datenverarbeitungsanlagen im Apollo-Mondflugprogramm

H. K. REMANE

Einleitung

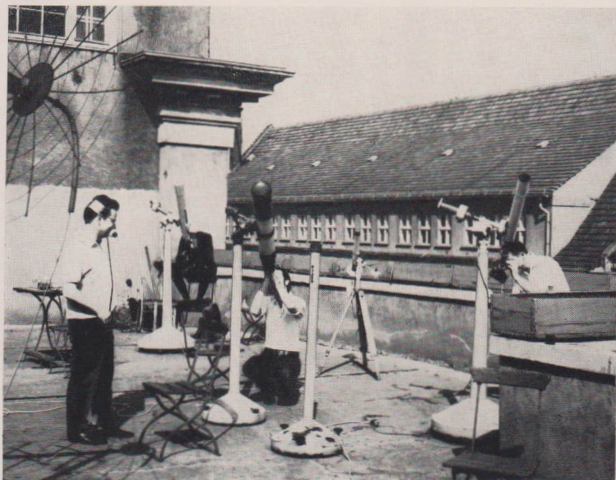
Raumfahrttechnik ohne elektronische Datenverarbeitungsanlagen ist unmöglich. Nachdem der Autor in [1] den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen (im weiteren Verlauf des Beitrages kurz als EDVA bezeichnet) zur systematischen Datenverfolgung und Simulationstechnik beschrieben hat und in [2] und [3] einige allgemeine Bemerkungen zur Problematik dargestellt und teils auch ausführlich erläutert wurden, soll dieser Beitrag auf die Anwendung in der Mondflugtechnik, speziell im Rahmen der Apollo-Unternehmungen, seitens der USA beschränkt bleiben.

Voraussetzung für die Erfolge der Apollo-Flüge waren die Fortschritte in der Computer-Technologie. Nach [8] sind die heute eingesetzten EDVA dreimal so leistungsfähig wie die Systeme, die die Gemini-Flüge berechneten, und arbeiten mehr als 50mal so schnell wie die Rechner, die noch beim Mercury-Programm verwendet wurden.

Die eingesetzten Anlagen müssen folgenden Forderungen gerecht werden:

1. Sie müssen in der Lage sein, die von einem erdumspannenden Nachrichtenübermittlungsnetz empfangenen und auf einer Vielzahl von Eingabeleitungen gleichzeitig eintreffenden Informationen zu empfangen, nach Dringlichkeitsstufen automatisch zu selektieren, automatisch zu verarbeiten und entsprechend systematisch abzuspeichern.
2. Ständige Überwachung des Zustandes und der Position des Raumfahrzeuges während der Start-, Flug- und Landephase und Vergleich des jeweiligen Soll-Ist-Zustandes.
3. Ständige Überwachung des Gesundheitszustandes der Astronauten.
4. Die EDVA müssen im Real-Time-Betrieb arbeiten.

Zum Nachrichtennetz der NASA gehören verschiedene Datenvermittlungs- und Datenübertragungssysteme, die im weiteren Verlauf kurz beschrieben werden sollen.



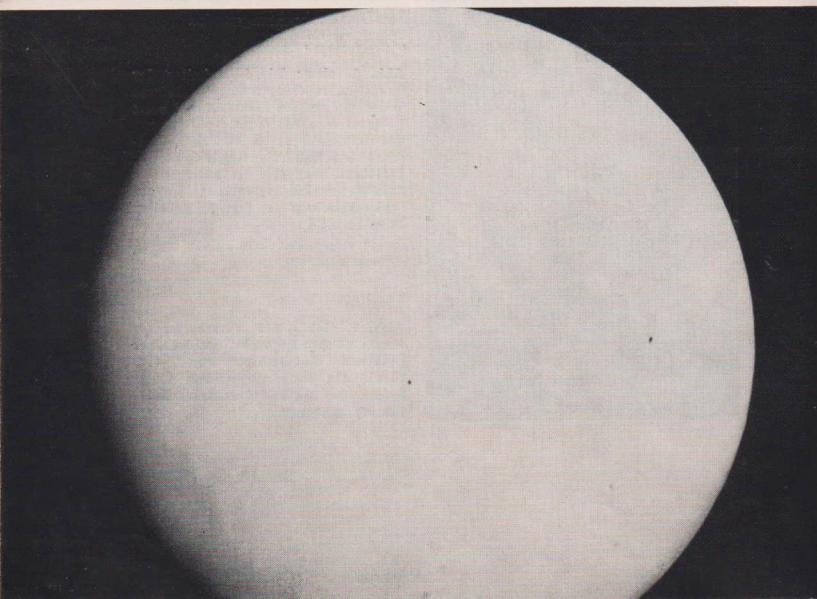
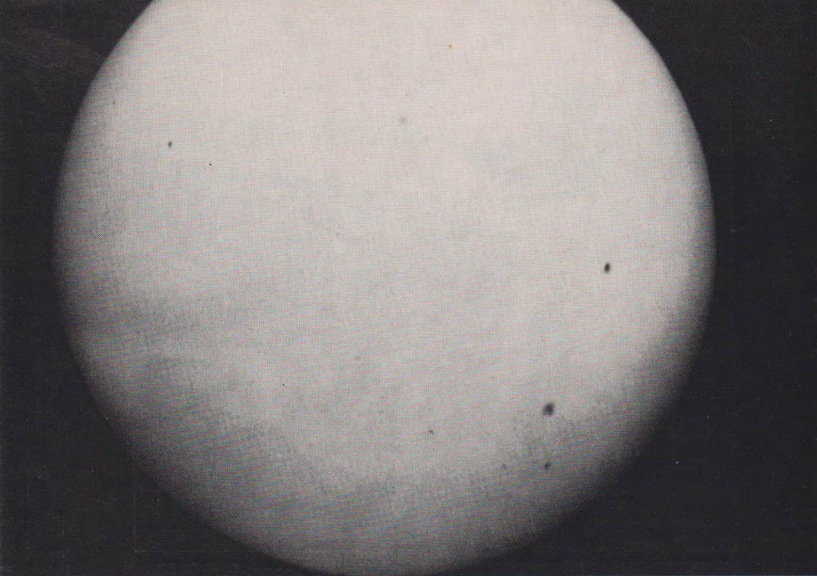
Merkurdurchgang, 9. 5. 1970

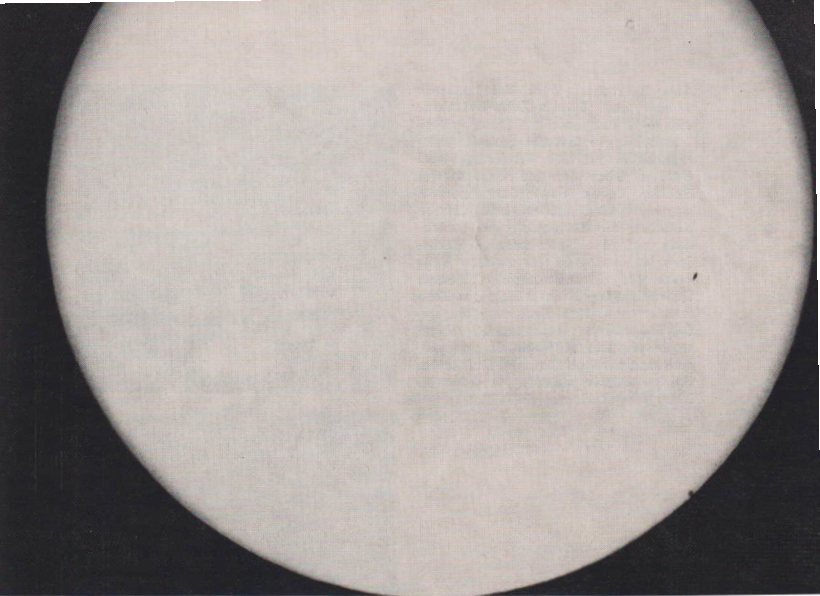
Satellitenbeobachtungsstation
„Junge Welt“, Berlin

Abb. 1, oben: Die Mitarbeiter der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ bei der Beobachtung und beim Fotografieren des Merkurdurchgangs vor der Sonne am 9. Mai 1970. Zwischen dem Raum der Station und der Plattform, auf der die Instrumente aufgestellt waren, bestand Sprechfunkverbindung (s. den Mitarbeiter links im Bild).



Abb. 2, links: Ein Mitarbeiter an einem 50-mm-Fernrohr, welches für Besucher eingerichtet war. Hier wurde ein Projektionsschirm angebracht. Der Merkur war darauf deutlich zu erkennen.





Merkurdurchgang, 12. Mai 1970

Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“, Berlin

Abb. 6, links oben: Eine der Sonnenaufnahmen, die gegen 7.30 Uhr MEZ gewonnen wurden. Die Planetenscheibe des Merkur ist hier am linken oberen Rand der Sonne zu sehen.

Abb. 7, links unten: Um 9.22 Uhr MEZ befand sich der Planet Merkur nahe des Mittelpunktes der Sonnenscheibe.

Abb. 8, oben: Um 13.09 Uhr MEZ, kurz bevor der Planet Merkur die Sonnenscheibe verließ, erfolgte diese Aufnahme.

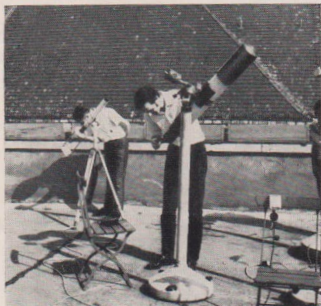
Abb. 3, rechts: Zum Fotografieren wurde ein 63-mm-Zeiss-Refraktor mit dem Projektiv 1:3,2 verwendet. Damit konnte fast die gesamte Sonnenscheibe auf dem Film abgebildet werden. Über den Blitzkontakt der Exakta Varex bzw. der Praktina wurden (beim dritten und vierten Kontakt) die Zeitpunkte der Belichtung auf eine Spur unseres Recorders gegeben. Auf der zweiten Spur liefen die Sekundenimpulse unserer Quarzuhr. Die Auswertung der Zeitstreifen und der Filme war bei Redaktionsschluß noch nicht abgeschlossen. Die Aufnahmen vom ersten und zweiten Kontakt sind leider infolge relativ starker Zirkusbewölkung sehr stark unterbelichtet.



Abb. 4, Rechts: Der 80-mm-Refraktor wurde mit einem Zeiss-Chromfilter zur optischen Bestimmung der Kontakte benutzt. Die Zirkusbewölkung während des ersten und zweiten Kontaktes verhinderte eine Feststellung dieser Zeiten.



Abb. 5, rechts: Der 120 mm/1000-mm-Refraktor unserer Station (im Vordergrund) stand für Besucher zur Beobachtung des Merkurdurchganges bereit. Im Bild einer unserer Mitarbeiter an diesem Instrument.



1. Operating-System

Das gesamte Datenverarbeitungsnetz der NASA arbeitet nach Operating-Systemen. Ein Operating-System ist ein zentrales System zur Steuerung für EDVA. Es überwacht den gesamten Durchfluß, das Zusammenspiel zwischen Hardware und Software und bedarf einer umfassenden Gestaltung. Zu dieser Gestaltung gehört z. B., daß neben einem Basis-Überwachungsprogramm (Basis Supervisor) weitere Unterprogramme zur Überwachung anderer Verarbeitungsformen bestehen.

1.1. Batch-Processing

Bei der Arbeitsweise werden alle bis zu einem bestimmten Zeitpunkt eintreffenden Daten gesammelt und geschlossen bearbeitet.

1.2. Remote-Batch-Processing

Diese Arbeitsweise entspricht im wesentlichen der unter 1.1. genannten. Ein Unterschied besteht nur in dem Ablauf des Prozesses der Ein- oder Ausgabe von Programmen, der hier mittels Datenfernübertragung vollzogen wird.

1.3. Remote-Site-Data-Processing

Dieses Verfahren wird zur lückenlosen Bahnverfolgung und Führung des Raumfahrzeuges angewendet. Die den EDVA der 14 Bodenstationen und 4 Schiffstationen einzugebenden oder von ihnen auszugebenden Daten werden mittels Datenfernübertragung übermittelt und im Real-Time-Betrieb verarbeitet.

1.3.1. Datenfernübertragung

Unter Berücksichtigung der in [4] von NEIDHARDT gegebenen Definition des Begriffes „Datenfernübertragung“ wird in [5] vorgeschlagen, den Begriff wie folgt zu definieren:

„Datenfernübertragung ist jeder mit einem endlichen Zeitaufwand und einem zwischen Sender und Empfänger vereinbarten Code nichtredundanter Information verbundene Vorgang, bei dem Daten (nichtredundante Informationen) mittels eines für den Übertragungskanal geeigneten Trägers von einem Datensender zu einem Datenempfänger transportiert werden, unter Zuhilfenahme von kanalbedingten Einrichtungen zur Sicherung einer geforderten Übertragungsqualität.“

Mittels einer Datenfernübertragungseinrichtung (DFE) ist es möglich, Informationen von einer EDVA zu einer oder mehreren anderen zu übertragen bzw. von anderen Systemen Daten zu empfangen. Die dabei zu übermittelnden Daten können gleichzeitig auf andere Datenträger übertragen, in Klarschrift ausgegeben oder weiterverarbeitet werden. Die NASA verwendet u. a. UNIVAC-Fernübertragungseinrichtungen vom Typ DLT 1 und DLT 3. Durch eingebaute Kontrollen wird bei jeder Übertragung eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet. Bei der DLT 1 erfolgt die interne Verarbeitung zwischen den Übertragungen, und bei der DLT 3 ist die Verarbeitung auch während der Übertragung eines Datenblocks möglich. Die Übertragungsgeschwindigkeit beläuft sich je nach verwendeter Leitung und Modem auf 1200–2400 Bit/s. Beide Anlagen ermöglichen nach [6] somit:

1. Sofortigen und leichten Datenaustausch über beliebige Entfernungen
2. Übermittlung von dezentral gewonnenen Informationen an eine zentrale Stelle zur Verarbeitung
3. Übermittlung von zentral errechneten Daten an verschiedene Stellen
4. Verarbeitung dezentral eingegebener Daten mit einer zentralen Großrechenanlage unter dezentraler Ausgabe der Ergebnisse.

Von der Firma BULL—GENERAL ELECTRIC werden die Datenfernübertragungsanlagen der SERIE DATANET eingesetzt. Je nach Umfang der Übertragungsaufgabe stehen unterschiedliche Steuersysteme zur Verfügung.

1.4. Real-Time-Processing

Der Begriff REAL-TIME wurde von der Remington Rand GmbH, Geschäftsbereich UNIVAC, geprägt. Real-Time ist die tatsächliche Zeit, während der ein Prozeß bzw. Vorgang abläuft. Real-Time-Betrieb (Echtzeitbetrieb) ist analog dazu die Abwicklung von Rechenvorgängen innerhalb des tatsächlichen Zeitablaufes mit dem Ziel, die Ergebnisse der Rechenvorgänge so rechtzeitig zur Verfügung zu stellen, daß sie die ablaufenden Prozesse bzw. Vorgänge beeinflussen können, die die Verarbeitung und damit den Programmablauf ausgelöst haben. Diese Bearbeitungsweise ist typisch für Raumfahrzeugsteuerungsprozesse.

1.5. Multiprogramming

Hierbei werden gleichzeitig mehrere individuelle und Standardprogramme in der Zentraleinheit der EDVA abgewickelt. Dabei werden außer der Zentraleinheit auch andere Randeinheiten optimal ausgenutzt. Das Operating-System schaltet gleichzeitig in den Kernspeichern stehende Programme ineinander (Verkettung), indem es die mit bestimmten Prioritätsstufen versehenen Programme immer nur für eine bestimmte Zeit ablaufen läßt.

Die Zeit wird in erster Linie durch die Ein- und Ausgabe bemessen. Beginnt die Arbeit beispielsweise mit Programm A, so läuft dieses Programm so lange ab, bis zu diesem Programm neue Eingabedaten benötigt werden oder Ergebnisse ausgegeben werden müssen. Während die Ein- bzw. Ausgabe für Programm A abläuft, wird das nächste Programm, das Programm B, abgewickelt, bis der Zeitpunkt erreicht ist, der ebenfalls eine Ein- oder Ausgabe erforderlich macht. Dann übergibt das Operating-System die Zentraleinheit dem Programm C. Dieser Prozeß wird erst dann unterbrochen, wenn die Ein- oder Ausgabe eines mit einer höheren Priorität versehenen Programms abgeschlossen ist und das Verarbeitungsrecht in Anspruch nimmt.

1.6. Multiprocessing

Von diesem wird gesprochen, wenn zwei oder mehr Zentraleinheiten in einem System zusammengeschlossen sind. Eine der EDVA gilt dann als Hauptrechner (Master), der die anderen EDVA (Slaves) durch sein Operating-System steuert. Bei dem System des Multiprocessing können mehrere Aufgaben intern und parallel abgearbeitet werden.

2. Automatic Data Switching System

Während eines Apollo-Mondfluges dienen in diesem genannten automatischen Datenübermittlungssystem allein 40 EDVA vom Typ UNIVAC 1230, die sich auf 14 Bodenstationen und 4 Schiffstationen verteilen, zur lückenlosen Bahnverfolgung.

Die vom Raumfahrzeug eintreffenden Daten über Position des Raumfahrzeuges und Befinden der Astronauten werden verarbeitet und gespeichert, und darüberhinaus können schon Befehle, die eine Bahnkorrektur betreffen, zum Raumfahrzeug übermittelt werden.

Zu diesem System gehören noch über 30 EDVA vom Typ UNIVAC 1218. Diese dienen zur Steuerung der Radarantennen, mit denen die Verbindung Erde — Raumfahrzeug hergestellt wird.

Das Zentrum dieses Automatic Data Switching Systems befindet sich in Greenbelt/Maryland. Hier werden u. a. 3 EDVA vom Typ UNIVAC 494, die im Echtzeitbetrieb arbeiten, als elektronische Schaltzentralen verwendet (Operating System).

Ihre Aufgabe besteht in der Aufbereitung der erfaßten Daten, d. h., dem Ordnen der eingegangenen Daten, Prüfung auf Richtigkeit der Daten und Zuordnung von Prioritäten zu den Daten. Nach der beendeten Aufbereitung der Daten werden diese mittels DFE zum Raumfahrtzentrum nach Houston übertragen.

3. Command Communications and Telemetry System

Im Raumfahrtzentrum von Houston arbeiten innerhalb dieses Systems 3 Anlagen vom Typ UNIVAC 494 als zentrale Vermittlungsstellen zwischen den Bodenstationen und den Bodenstationen und dem Raumfahrzeug.

Das Rechenzentrum selbst arbeitet mit Anlagen vom Typ IBM-System 360 Modell 75 im Real-Time-Betrieb.

Die Rechengeschwindigkeit eines derartigen IBM-Computersystems wird in Milliarden Sekunden gemessen. Jedes Modell 75 kann in der Sekunde 2,5 Millionen Additionen durchführen. Fünf solcher Computer berechnen in Houston die Auswirkungen beabsichtigter Flugmanöver. Innerhalb von 4 Minuten liefern sie die Ergebnisse, deren manuelle Berechnung 480 Wissenschaftler ein ganzes Jahr beschäftigt hätte.

Zwei der genannten Anlagen dienen nur zu Zwecken des Vergleiches über die gesamte Zeitdauer des Experimentes, also vom Start von der Erde bis zur Landung auf der Erde.

Im Rahmen dieses Vergleiches werden in einer EDVA die vom Raumfahrzeug übertragenen Daten, die den Istzustand definieren, mit den vor dem Flug eingespeicherten Sollzustandsgrößen (Software) verglichen und mögliche Abweichungen bestimmt. Tritt an dieser EDVA eine Havarie auf, so übernimmt sofort der Rechner gleichen Typs diese Tätigkeit.

Das für die Datenaufbereitung notwendige Programm besteht aus sieben Teilprogrammen:

3.1. Launch Program Subsystem (Teilprogramm Startphase)

Innerhalb dieses Programms erfolgt die Auswertung der eingegangenen Daten, die das Trägersystem und das Raumfahrzeug betreffen. Dazu gehören nach [7]:

1. die in Zeitintervallen von 0,5 s von einer EDVA in Cap Kennedy gemessene Entfernung und Geschwindigkeit
2. die in Zeitintervallen von 0,1 s vom Bodenradar bestimmte Entfernung und Höhe
3. die in Zeitintervallen von 1 s von der Instrumenteneinheit (IU) erfaßte Geschwindigkeit und Entfernung, Die IU (Instrument Unit) ist das Segment für die Lenk- und Kontrollinstrumentierung der Apollo-Saturn-V-Konfiguration bis zum Brennschluß der Saturn-IV-B und ist zwischen der S-IV-B und dem eigentlichen Raumflugkörper angeordnet. Die IU enthält u. a. Lenk- und Kontrollcomputer, Kommandoempfänger und -dekoder, Meßgeräte, Telemetrieblöcke, Antwortgeräte für die Funk-Bahnvermessung und Verteiler.
4. die in Zeitintervallen von 2 s vom Apollo-Führungsrechner ermittelte Entfernung und Geschwindigkeit
5. die in Zeitintervallen von 0,1 s vom Raumfahrzeugradar gemessene Entfernung und Flugrichtung
6. die von Radaranlagen der 4 Schiffstationen in Zeitintervallen von 0,5 s bestimmte Entfernung und Geschwindigkeit.

Mittels dieser eingegebenen Daten ermittelt die EDVA in Zeitintervallen von 0,5 s die tatsächliche Position des Raumschiffes und seine momentane Geschwindigkeit nach Größe und Richtung.

3.2. Telemetry Program Subsystem (Teilprogramm Telemetrie)

Innerhalb dieses Programmes besteht die Aufgabe der EDVA darin, den jeweiligen Zustand der Geräte und Triebwerke zu ermitteln. Die dazu notwendigen Daten liefert das Manned Space Flight Network der NASA und das Apollo-Borddatennetz.

3.3. Orbit Computation Program Subsystem (Teilprogramm Kreisbahnberechnung)

Nach dem Einflug in die Parkbahn umkreist das System Drittstufe und Apollo-Raumschiff bis zu einem für den Flug zum Mond günstigen Zeitpunkt die Erde. In dieser Zeit läuft o. g. Programm ab, welches zur Ermittlung einer Tabelle dient, die 8000 Positionen enthält und alle Daten, die in Zeitintervallen von 3 min der Sollkreisbahn des Raumfahrzeugsystems zugeordnet sind, erfaßt.

Es erfolgt eine genaue Bahnberechnung und die Festlegung des Zeitpunktes und der Koordinaten für den Einschub in die Mondflugbahn. Am vorberechneten Punkt und zur festgelegten Zeit wird die S-IV-B nochmals gezündet, um das Raumfahrzeug für die Einlenkung in die Mondflugbahn auf 40 250 km/h zu beschleunigen. Nach der vollzogenen Einlenkung in diese Bahn und der Abtrennung der S-IV-B und der IU vom Apollo-Raumschiff sind die Startoperationen abgeschlossen.

3.4. Trajectory Determination Program Subsystem (Teilprogramm Istbahn-Bestimmung)

Während des Warteflugs in der Orbitalbahn erscheint das Raumfahrzeugsystem für 12 min jeweils auf dem Schirm einer Radar-Bodenstation. Dabei werden die Istdaten der Flugbahn erfaßt und in Zeitintervallen von 6 s an die EDVA übermittelt. Das zugehörige Teilprogramm ermittelt aus dem Vergleich Istbahn mit Sollbahn mögliche Abweichungen in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit.

3.5. Mission Planning Program Subsystem (Teilprogramm Missions-Planung)

Die in diesem Teilprogramm ermittelten Daten geben Auskunft für die Entscheidungsfindung, ob Flugdaten während des Wartefluges geändert werden müssen. Außerdem findet dieses Programm Anwendung bei der Überwachung der Daten, die den Flug zum Mond und die Rückkehr zur Erde betreffen. Aus den Abweichungen in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit werden der für Bahnkorrekturen notwendige Korrekturschub nach Größe, Richtung und Zeitpunkt seiner Auslösung ermittelt.

3.6. Digital Command Program Subsystem (Teilprogramm Kommando)

Mit diesem Teilprogramm erfolgt auf Befehl der Flugleitung die Übermittlung von Daten, z. B. die Befehle für

Einschub in die Mondflugbahn — Kurzzeichen	(TLI)
Bahnkorrekturmanöver	(MCC)
Eintritt in die elliptische Mondumlaufbahn	(LOI 1)
Eintritt in die kreisförmige Mondumlaufbahn	(LOI 2)
Eintritt LM in Abstiegsellipse	(DOI)
Eintritt in Abstiegsbahn	(POI)
Einschub in Rückkehrbahn zur Erde	(TEI)

u. a., von der in Houston stehenden EDVA über die jeweilige Bodenstation zum Raumfahrzeug.

3.7. Reentry Program Subsystem (Teilprogramm Wiedereintritt)

Dieses Programm findet Anwendung bei:

1. Bestimmung des Zeitpunktes, von dem ab das Apollo-Raumfahrzeug die Kreisbahn verlassen und in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre eintauchen soll
2. Berechnung der Bahnkurve und der Brenndauer der Bremstriebwerke bei der Rückkehr zur Erde

4. Borddatensystem

Hier soll nur auf das Borddatensystem von LEM eingegangen werden. Diesem Bordrechner werden u. a. folgende Istdaten eingegeben:

- Lage bezüglich des Inertialsystems
- Beschleunigung bezüglich des Inertialsystems
- Beschleunigung bezüglich des körperfesten Systems
- Geschwindigkeit bezüglich des Landepunktes
- Höhe über der Mondoberfläche
- Sichtvektor zum Landepunkt

Diese, dem digitalen Bordrechner zugeführten Istwerte werden wiederum mit einem Sollprogramm verglichen und damit die Steuersignale für die Lageregelung, die Schubgröße und den Schubvektor für das Schubregelungssystem errechnet.

5. Grafische Datenausgabesysteme

Für die Erhöhung der Reaktionsfähigkeit eines Datenverarbeitungssystems und für eine rationelle und optimale Gestaltung der Datenerfassung ist die Art der Datenträger und der Erfassungsgeräte und auch die Datenausgabe ausschlaggebend. Hierbei gewinnt die grafische Datenausgabe an Bedeutung, auf deren Technik sich die folgenden Ausführungen beziehen sollen.

Die verwendeten Geräte zur grafischen Datenausgabe, die in der Raumfahrt Bedeutung haben, lassen sich in 4 Gruppen unterteilen:

5.1. Drucker

Die in der EDV üblichen programmgesteuerten mechanischen Schnelldrucker drucken nicht einzelne Zeichen, sondern immer ganze Zeilen gleichzeitig. Die Anzahl der Druckstellen je Zeile beläuft sich auf 80–160 und die Druckleistung bis zu 1200 Zeilen in der Minute. Mit derartigen Druckern lassen sich u. a. auch Balkendiagramme und Netzwerke erstellen. Verwendet wird hierfür bei der NASA u. a. Drucker vom Typ IBM 1403.

5.2. Kurvenzeichengerät

Ein Kurvenzeichengerät ist ein speziell für die Datenausgabe in grafischer Form auf Papier vorgesehenes Gerät. Neben Kurvenzeichengeräten, die statistische Daten in oszillographenartigen Kurven veranschaulichen, verwendet man auch universell arbeitende Geräte mit unterschiedlichen Leistungen in der Genauigkeit und dem Tempo der Darstellung.

Kurvenzeichengeräte können direkt mit der EDVA gekoppelt werden und von ihr die Zeichenwerte in Form von Koordinatenwerten der x- und y-Achse empfangen oder auch durch vorgeschaltete Steuereinheiten als selbständiges System benutzt werden. Mit diesen Geräten läßt sich z. B. die Pulsfrequenz des Astronauten über eine EDVA aufzeichnen. Verwendet wird dafür u. a. ein Gerät vom Typ IBM 1627

5.3. Zeichenautomaten

Als Zeichenautomat bezeichnet man ein Kurvenzeichengerät, bei dem die Zeichenschritte in beliebiger Richtung und damit in größter Genauigkeit möglich sind und der Zeichenvorgang ausschließlich durch die Bewegung eines Zeichenkopfes über dem auf einer ebenen Fläche festliegenden Papier erfolgt. Dieses Gerät zeichnet Gerade und Kurven (z. B. Flugbahnen) zwischen Punkten, deren Koordinaten zu programmieren sind. Die Steuerung erfolgt über eine EDVA.

5.4. Optische Anzeigeräte

Diese ermöglichen u. a. ein vorübergehendes Sichtbarmachen von Verarbeitungsergebnissen in alphanumerischer und grafischer Form auf einem Bildschirm ähnlich dem Fernsehgerät. Vertreter dieser Geräteart sind die Typen IBM 2250, Elliott 4100 u. a. von ICT und BULL.

6. Schlußbemerkungen

Es ist im Rahmen dieses Beitrages nicht möglich, alle datenverarbeitungstechnischen Aspekte in bezug ihrer Anwendung auf die Apollo-Mondflugunternehmen zu erläutern. Daher muß die Problematik der modernen Dateneingabe, der Prozeßsteuerung mittels Direct-Digital-Control- (DDC-) System und der Datenspeicherverfahren auf das Nachlesen einschlägiger Literatur beschränkt bleiben.

In diesem Zusammenhang muß noch darauf hingewiesen werden, daß die Auswertung sämtlicher, bei einem Mondflugunternehmen gewonnenen, erfaßten und verarbeiteten Daten, einen immer größeren Umfang in qualitativer und quantitativer Hinsicht einnehmen wird. Schon vor dem Start von Apollo 12 begann die Zahl der Stimmen im Chor der negativen Kritik anzuschwellen, die da meinten, daß zwischen den weiteren Mondflügen mehr Zeit vorhanden sein müßte, um die Mondflüge hinsichtlich der wissenschaftlichen Kapazitäten der Apollo-Technologie besser auswerten zu können. Qualitativ höhere Experimente ziehen bei ihrem steigenden Kompliziertheitsgrad zwangsläufig einen höheren Datenanfall, der auch ausgewertet werden muß, nach sich.

Literatur:

1. Remane, H.-K. Astronomie und Raumfahrt 3, (1969), S. 86-92
2. Strubell, W. Astronomie und Raumfahrt 2, (1969), S. 62-64
3. Hoffmann, H. Astronomie und Raumfahrt 5, (1965), S. 134-138
4. Neidhardt, P. Informationstheorie und automatische Informationsverarbeitung, 2. Auflage, Verlag Technik, Berlin, (1964), S. 181
5. Busse, B. Rechentechnik/Datenverarbeitung 8, (1967), S. 24
6. Druckschrift Remington Rand GmbH, Geschäftsbereich UNIVAC, Frankfurt am Main, über UNIVAC 1004 und 1005, D 93 10090366
7. Becker, H. VDI-Nachrichten Nr. 2, 8. Januar 1969
8. bürotechnik und automation 12, (1969)

Das Unternehmen Apollo 13

KARL-HEINZ NEUMANN

Am Sonnabend, dem 11. April 1970, startete von Cape Kennedy aus eine Saturn-5-Trägerrakete. Der Kommandant dieses Unternehmens war James A. Lovell, ein erfahrener US-Astronaut, der vorher schon drei Raumflüge absolviert hatte. Der Pilot der Mondlandefähre war Fred W. Haise, und als Pilot der Kommandokabine war John L. Swigert ausgewählt worden. Letztgenannter war erst einige Tage vor dem Start als Ersatzmann für den erkrankten Astronauten Mattingly eingesetzt worden.

Vorgesehen war bei diesem Mondflug die Landung im Vorgebirge des Kraters Fra Mauro. Es sollte also, nachdem bei den beiden vorangegangenen Missionen jeweils Mareflächen erreicht worden waren, erstmalig in einer hügligen Landschaft niedergegangen werden.

Das Programm sah zwei Ausstiege auf der Mondoberfläche vor, bei denen wiederum eine Instrumentengruppe auf dem Mond aufgebaut werden sollte, die diesmal als zusätzliches Instrument ein Meßgerät zur Analyse des solaren Windes be-

sitzen sollte. Bei den beiden vorangegangenen Mondlandungen war für diese Untersuchungen nur jeweils eine Aluminiumfolie während der Zeit des Ausstiegs auf der Mondoberfläche aufgestellt worden, die anschließend mit zur Erde zurückgebracht wurde. Ferner sollten Bodenproben gesammelt werden, die deshalb besonders interessant gewesen wären, weil es sich bei dem ausgewählten Landeplatz um ein gebirgiges Gebiet gehandelt hätte.

Der Start, der 20.13.13 Uhr MEZ (alle folgenden Zeiten in MEZ) erfolgte, verlief planmäßig. Um 23.19 Uhr, nachdem das Raumfahrzeug mit der dritten Raketenstufe aus der Erdsatellitenbahn in eine Mondflugbahn eingeflogen war, erfolgte nach der Kopplung mit dem in der dritten Stufe untergebrachten Mondlandefahrzeug LM dessen Herausziehen. Um 0.32 Uhr des nächsten Tages wurde die letzte Raketenstufe nochmals gezündet, um sie auf eine separate Mondflugbahn zu bringen. Wie vorgesehen, schlug diese Raketenstufe auf der Mondoberfläche auf und erzeugte ein Beben der obersten Schichten des Mondes, welches rund vier Stunden anhielt und vom Seismometer der Apollo-12-Mission zur Erde gemeldet wurde.

Am Montag, dem 13. 4. 1970, führten die Astronauten dann ihr erstes Bahnmanöver aus, welches sie auf eine Flugbahn brachte, die nach einer Umliegung des Mondes nicht mehr zur Erde zurückgeführt hätte. Diese Bahnkorrektur war für eine präzise Landung im vorgesehenen Gebiet notwendig.

Am Morgen des Dienstags sendeten die Astronauten zum drittenmal Direktfernsehbilder aus ihrer Kabine. Wie gering bis dahin das Interesse der amerikanischen Öffentlichkeit an diesem Unternehmen gewesen ist, mag die Tatsache dokumentieren, daß keine der zahlreichen amerikanischen Fernsehgesellschaften diese Übertragung übernahm, d. h. die Öffentlichkeit davon überhaupt nicht informiert worden ist. Nur 15 Journalisten, die zufällig im Pressezentrum in Houston anwesend waren, sahen als einzige Außenstehende diese Übertragung.

Genau sieben Minuten nach dem Abschluß der Fernsehübertragung meldete Fred Haise an die Bodenstation: „Wir haben hier ein Problem!“ Er befand sich in der Mondlandefähre. Kurz zuvor hatte der Kommandant einen Knall gehört und glaubte zuerst an einen Scherz von Fred Haise. Bereits wenige Minuten nach dem Knall bemerkte er aber einen rapiden Abfall der Spannung bei den Anzeigegeräten der Brennstoffzellen 1 und 2 des Versorgungs- und Antriebsteils (Service Modul, SM). Auch die Anzeige des Sauerstoffdrucks in einem der beiden kugelförmigen Behälter des SM sank stark ab. Bei einem Blick durch das Fenster bemerkte er eine vorbeiziehende Gaswolke. Das Raumschiff begann kopfüber zu rotieren.

Entgegen anders lautenden westlichen Presse-, Funk- und Fernsehmeldungen, in denen dieses Ereignis gewaltig dramatisiert und als Sensation herausgestellt wurde, spielte sich nun folgendes ab:

Die Astronauten begannen unabhängig von den später eintreffenden Anweisungen der Bodenkontrollzentrale mit dem vorher festgelegten Notprogramm. Dieses hatte die Bezeichnung: „Vollkommener Ausfall der Stromversorgung“. Vor jedem Apolloflug hatten die jeweiligen Besatzungen dieses Notprogramm dutzendemale geübt. Beim Unternehmen Apollo 9 war dieses Notprogramm sogar im kosmischen Raum, in einer Erdsatellitenbahn, erprobt worden. Jeder der drei Männer wußte also genau, welchen Handgriff er zu tun hatte. Alles lief nun so ab, wie es er- und geübt worden war. Um dies zu erläutern, ist eine genauere Beschreibung des technischen Systems des Apollo-Raumschiffes notwendig.

Die Stromversorgung der Kommandokabine, in der sich die drei Astronauten normalerweise während der meisten Zeit des Hin- und Rückfluges aufhalten, erfolgt durch drei Brennstoffzellen, die im SM untergebracht sind. Diese in Sek-

tion IV des SM angebrachten Brennstoffzellen erzeugen mit Hilfe eines Katalysators auf „kaltem“ Wege elektrischen Strom durch die Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser. Damit werden normalerweise die Batterien der Kommandokabine ständig aufgeladen und auch für die gesamte Funktion des SM wird hier der notwendige Strom erzeugt. Das dabei entstehende Wasser wird als Trink- und Kühlwasser benutzt. Für die Speisung der drei Brennstoffzellen dienen zwei Sauerstoffbehälter und ein Wasserstoffbehälter, die ebenfalls in Sektion IV des SM untergebracht sind. Die Sauerstoffbehälter liefern außerdem den Atemsauerstoff für die Kommandokabine. Ein zweites derartiges System konnte im SM aus Gewichtsgründen nicht eingebaut werden. Erwähnt sei nur, daß bei allen bemannten Raumflügen seitens der Sowjetunion jeweils ein zweites autonomes Lebenserhaltungssystem vorhanden gewesen ist. Beim SM sind nur die Pumpen- und Leitungssysteme für den Antrieb doppelt vorhanden.

Alle bisher festgestellten Anzeichen deuten darauf hin, daß einer der beiden Sauerstofftanks explodiert ist. Über die Ursachen bestehen bisher (bei Redaktionsschluß) noch keine exakten Vorstellungen. Ein Meteoritentreffer erscheint sehr unwahrscheinlich.

Nach der Feststellung der Havarie begab sich also der Kommandant in die Mondlandefähre, um zusammen mit deren Piloten die Lebenserhaltungssysteme des LM in Betrieb zu setzen. Swigert verblieb zunächst in der Kommandokabine und schaltete alle nicht lebensnotwendigen Systeme ab, um Strom zu sparen. Da die dritte Brennstoffzelle zunächst noch arbeitete, füllte Swigert die Batterien, die Wassertanks und die Sauerstofftanks der Kommandokabine voll auf.

Mit Hilfe der Gasdüsen des LM war inzwischen wieder eine stabile räumliche Lage des Fahrzeuges hergestellt worden. Sehr wahrscheinlich ist bei der Explosion auch der zweite Sauerstoffbehälter beschädigt worden, denn drei Stunden nach dem Knall setzte auch die dritte Brennstoffzelle aus. Damit war der SM voll betriebsunfähig geworden. Er wurde nur deshalb nicht vorher abgesprengt, um das Hitzeschild der Kommandokabine vor den Einwirkungen des kosmischen Raumes zu schützen.

Der weitere Ablauf des Fluges verlief dann, nachdem die Bodenkontrollstelle eine Mondlandung abgesagt hatte, vollkommen normal, entsprechend dem Notprogramm. In der Mondlandefähre besaßen die Astronauten ein voll funktionsfähiges Rettungssystem. Entgegen anders lautenden Meldungen besaß die Landefähre ein Lebenserhaltungssystem, welches drei Menschen für fünf Tage versorgen konnte. Bei der Abtrennung des LM kurz vor dem Eintauchen der Kommandokabine in die Atmosphäre waren hier noch 22 Prozent an Sauerstoff, Wasser und elektrischer Energie vorhanden.

Für die Astronauten lebensgefährliche Situationen hätten sich nur ergeben können:

1. Wenn die Explosion des Sauerstoffbehälters vom SM auf der Rückreise zur Erde passiert wäre, der LM also nicht mehr als Rettungsboot, als das er von seiner Konstruktion her angelegt war, hätte fungieren können.
2. Wenn im Antriebssystem oder im Lebenserhaltungssystem des LM irgendwelche nicht zu behebenden Störungen aufgetreten wären.
3. Wenn die Abtrennung des SM oder des LM vor dem Wiedereintritt in die dichten Atmosphäreschichten nicht geglückt wäre.

Alle drei genannten Faktoren sind nicht aufgetreten. Die Landung (Wasserung) erfolgte planmäßig im vorgesehenen Landegebiet im Pazifik. Alle hierfür notwendigen Bahnänderungen konnten die Astronauten mit dem Antriebssystem der Mondlandefähre mit hoher Genauigkeit ausführen.

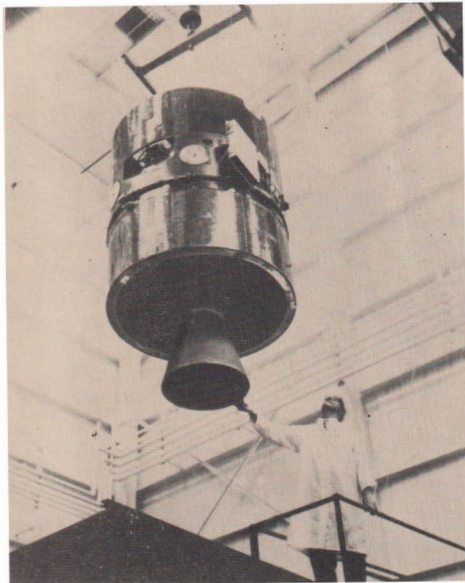


Abb. 1: ATS-5 in einem Prüfraum. Das Rechteck im oberen rechten Teil des Satelliten ist die Antenne eines Funkverbindingssystems im L-Band für Versuche, um verbesserte Mittel für die Standortbestimmung und Verfolgung von Flugzeugen auf Transoceanflügen zu prüfen.

Satellit ATS - 5

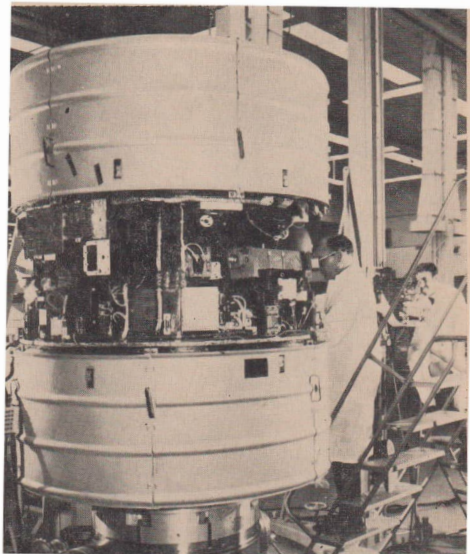
Der fünfte ATS-Satellit (Abkürzung für Applications Technology Satellite = anwendungstechnischer Satellit), der für die NASA von der Hughes Aircraft Company in Kalifornien im Rahmen eines 65-Mio-Dollar-Programms gebaut und am 12. August 1969 von Kap Kennedy aus gestartet wurde, führt im Weltraum 13 Experimente durch.

Der Satellit gesellt sich zu seinen Vorgängern ATS-1 und ATS-3 auf einer synchronen Umlaufbahn in 35 000 km Höhe. Sein Durchmesser beträgt 1,5 m, seine Höhe 3,4 m, gemessen von der Unterkante des Apogäum-Triebwerks bis zur Spitze der Rundstrahlantenne; er wog bei seiner Trennung von der Trägerrakete 861,8 kg.

Der Satellit breitet seine Ausleger armähnlich aus; diese bilden ein X von fast der Länge eines Fußballfeldes und dienen einem Versuch zur Ermittlung des Gravitationsgefälles, um mittels der Erdgravitation das Raumfahrzeug in der Umlaufbahn zu stabilisieren. Das X wird gebildet von vier fingerdünnen versilberten Kupferauslegern von je 37,5 m Länge, und zwei 13,7 m lange Ausleger ragen zur Dämpfung der Vertikalbewegung diagonal durch das Raumfahrzeug. Eine Fernsehkamera an Bord beobachtet, wie stark sich die Ausleger infolge der Erwärmung durch Sonneneinstrahlung und die Strahlungskühlung durchbiegen. Der Satellit führt einen auf dem L-Band arbeitenden Relaisverstärker mit sich, welcher der Entwicklung eines verbesserten Systems der Flugfunkverbindungen und der Flugnavigation mittels Satelliten den Weg ebnen könnte. Das L-Band ist ein bisher noch wenig besetztes Frequenzgebiet im oberen Bereich des Radiospektrums.

ATS-5 hatte zunächst folgende Aufgaben: Bestimmung der Zuverlässigkeit des L-Band-Systems für die Sprechverbindungen von Flugzeugen zu Bodenstationen; Untersuchung seiner Verwendung als Sprechverbindung für Flugzeuge untereinander und Untersuchung der

**Abb. 2: ATS-5
bei der letzten
Überprüfung
vor der
Übergabe an
die NASA.**



Genauigkeit bei der Standortbestimmung vieler Flugzeuge und bei der Verfolgung ihrer Flugrouten.

Mit ATS-1 und ATS-3 durchgeführte Versuche im UKW-Frequenzbereich ergaben, daß Flugzeugfunkverbindungen über Satelliten betriebssicherer sind als Hochfrequenzverbindungen.

Weitere Versuche, die 1970 durchgeführt werden sollen, sind:

1. Ein „Resistojet“-System, das mittels zweier Düsen mit einer Schubkraft von nur 50 millionstel Pfund (0,023 g) den Satelliten an seinem Standort hält.
2. Ein 4,5 kg schwerer Ionenmotor mit einer Schubkraft von 0,0023 bis 0,009 g soll versuchsweise eingesetzt werden und als Unterstützungssystem für die Standortbeibehaltung in ostwestlicher Richtung dienen.
3. Ein Feststoff-Triebwerk, mit dem das Raumschiff herumgedreht werden kann, falls es in kopfstehende Lage kommen sollte. Das Treibmittel für das Triebwerk ist Hirschhornsalz, das sich beim Erwärmen in Gas verwandelt und mit einer Schubkraft von 0,000 000 17 g durch eine enge Düse „haucht“.
4. Ein Experiment mit Millimeterwellen zur Untersuchung der Ergebnisse beim Senden und Empfangen extrem hoher Frequenzen im Gigahertzbereich, in dem Radiowellen milliardenmal in der Sekunde hin- und herschwingen.

Der Satellit ATS-5 ist der letzte anwendungstechnische Satellit in einem Programm, das im Mai 1964 begann. Im Mittelpunkt seines Aufgabenbereichs standen Funkverbindungen, Wettervorhersagen und Navigationsprobleme, doch wurden auch technische Probleme wie z. B. die Stabilisierung von Raumfahrzeugen, die Ausrichtung zur Erde und die Standortbeibehaltung im Raum bearbeitet.

Thermodynamik des Raketenmotors mit flüssigem Treibstoff

WOLFGANG STRUBELL

Ein Raketentriebwerk besteht aus 2 Hauptteilen, nämlich der Brennkammer und der Düse. In der Brennkammer wird die Energie des Brennstoffs durch den entstandenen Druck in potentielle Energie umgewandelt, während in der Düse die Entspannung und Umwandlung der potentiellen Energie in kinetische stattfindet und damit den Schub erzeugt, durch den die Rakete angetrieben wird.

Der Prozeß in der Brennkammer verläuft kontinuierlich. Wenn p_0 und v_0 Druck und spezifisches Volumen der Gase in der Brennkammer bezeichnen, müssen die Pumpen, die den flüssigen Treibstoff und den Oxydator Sauerstoff einzuspeisen haben, den Druck p_0 überwinden. Von diesem Gesichtspunkt aus kann man sagen, daß der Druck p_0 in der Brennkammer durch die Arbeit der Förderpumpen bestimmt wird.

Die theoretische Ausströmgeschwindigkeit C_{th} der Gase aus der Düse beträgt:

$$C_{th} = \sqrt{2g \cdot Hu}, \quad (1)$$

wobei g die Erdbeschleunigung und Hu den unteren Heizwert des Brennstoffs bedeuten.

Diese theoretische Ausströmgeschwindigkeit muß nun gleich der erreichbaren Ausströmgeschwindigkeit C_{max} sein, wenn gemäß der adiabatischen Expansion in der Düse der Druck von p_0 auf 0 fällt.

$$C_{max} = \sqrt{2g \cdot p_0 v_0 \frac{k}{k-1}} \quad (2)$$

$k = \frac{c_p}{c_v}$ = das Verhältnis der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und konstantem Volumen der Verbrennungsgase.

Es sei nun

$$C_{max} = C_{th},$$

woraus folgt, daß

$$2g p_0 \cdot v_0 \frac{k}{k-1} = 2g Hu \quad \text{und}$$

$$p_0 = \frac{Hu}{v_0} \cdot \frac{k-1}{k} \quad (3)$$

$$\text{oder} \quad v_0 = \frac{Hu}{p_0} \cdot \frac{k-1}{k} \quad (4)$$

Wenn daher p_0 durch die Leistung der Pumpen bekannt ist, läßt sich aus (4) v_0 bestimmen. Die Temperatur T_0 der Gase in der Brennkammer kann aus (5) auf Grund der Beziehung

$$p_0 \cdot v_0 = R \cdot T_0$$

$$\text{bzw.} \quad T_0 = \frac{p_0 \cdot v_0}{R} \quad (5)$$

berechnet werden.

Durch Beziehung (3) ist der Brennkammerdruck p_0 abhängig von der Natur der Verbrennungsgase (k) und dem unteren Heizwert des Brennstoffes. Die m Mengen Gas pro Zeiteinheit, die beim Druck p_0 aus der Düse ausströmen, müssen in Form von Brennstoff einschließlich Oxydationsmittel in die Brennkammer wieder eingespritzt werden.

Wenn V_0 das Volumen der Brennkammer bezeichnet, wird das Gewicht G der Chargin pro Zeiteinheit in der Brennkammer $G = V_0 \cdot \gamma_0$, wenn γ_0 die Dichte des Treibstoffes bezeichnet.

Nun ist aber

$$\gamma_0 = \frac{1}{v_0} = \frac{p_0 \cdot k}{(k-1) H u},$$

$$\text{so daß } G = V_0 \cdot \frac{p_0 k}{(k-1) H u} \quad (6)$$

wird.

In der Düse dehnt sich das Gas aus, weil seine potentielle Energie in kinetische übergeführt wird. Die Düse hat bekanntlich eine konische Form und einen kreisförmigen Querschnitt. Nun wollen wir in dieser Figur eine Scheibe des ausströmenden Gases mit der Breite dx und dem Querschnitt F betrachten. Wenn γ die Dichte des Gases in diesem Schnitt ist, werden die Maße der Scheibe $\frac{F \cdot \gamma \cdot dx}{g}$.

Wenn $p + dp$ und p die Drücke auf dem rechten und linken Schnitt der Gasscheibe darstellen, so ergibt sich die gesamte wirkende Kraft als $-F dp$. Bezeichnen wir die Geschwindigkeit des Gases im Querschnitt F mit c , so erhalten wir

$$-F dp = \frac{F \cdot \gamma \cdot dx}{g} \cdot \frac{dc}{dt}$$

und mit $dx = c \cdot dt$ ergibt sich

$$-dp = \frac{\gamma}{g} \cdot c \, dc.$$

$\gamma = \frac{1}{v}$, wobei v das spezifische Volumen des Gases bezeichnet. Durch Umformen und Einsetzen in die letzte Gleichung erhält man

$$-v \, dp = \frac{c \cdot dc}{g}$$

$$\text{oder } - \int_{p_0}^p v \, dp = \int_p^{p_0} \frac{c \, dc}{g} = \frac{C^2 - C_0^2}{2g}$$

wobei c die Ausströmgeschwindigkeit des Gases aus der Düse und c_0 die Geschwindigkeit des Gases in der Düse bedeuten; c_0 ist meist 0.

$$c^2 = 2g \int_p^{p_0} v \, dp \quad (7)$$

Aus (7) erhält man durch Lösen des Integrals den Ausdruck (8)

$$c = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_0 \cdot v_0 \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (8)$$

für die Ausströmgeschwindigkeit der Gase aus der Düse, in der der Druck p herrscht. Entspricht p dem Druck der umgebenden Atmosphäre, so ist die Ausströmgeschwindigkeit gleichmäßig. Sonst entsteht an der Mündung der Düse eine

turbulente Bewegung. Wird die Expansion so weit getrieben, daß p den Wert 0 erreicht, so erhält man die maximale Ausströmgeschwindigkeit (2).

Bezeichnet man mit c_x die Geschwindigkeit der Gasströmung in einem willkürlichen Schnitt F der Düse, so ergibt sich:

$$c_x = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_0 \cdot v_0 \left[1 - \left(\frac{p_x}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (9)$$

Die Gasmenge G , die einen willkürlichen Abschnitt der Düse pro Zeiteinheit passiert, beträgt

$$G = \gamma_x F_x c_x = \gamma \cdot F \cdot c = \frac{F \cdot c}{v} \quad (10)$$

Wenn γ_x und γ die spezifischen Gewichte der Gase in einem willkürlichen Schnitt F_x bzw. an der Düsenmündung mit dem Querschnitt F bezeichnen, gilt

$$G = \frac{F}{v} \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_0 v_0 \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (11)$$

und daraus folgt

$$G = F \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_0}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (12)$$

so daß $F = \frac{G}{A}$ (A = Wurzelausdruck in (12)).

Ähnlich kann man für F_x schreiben:

$$F_x = \frac{G}{\sqrt{2g \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_0}{v_0} \left[\left(\frac{p_x}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_x}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} \quad (13)$$

(13) zeigt die mathematische Beziehung zwischen F_x und p_x . Mit F_x ist die Form der Düsen bestimmt, p_x läßt sich als Funktion von x aus (13) bestimmen. Falls diese Funktion linear ist und von p_0 nach p abfällt, hat die Düse eine Venturi-Form. Der engste Düsenquerschnitt $F_{\min}$ und der Druck in diesem Bereich p_{kv} lassen sich berechnen. Es gilt

$$F_{\min} = \frac{G}{\sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{p_0}{v_0} \left[\left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} \quad (14)$$

Hierin kann $\frac{p_{kv}}{p_0}$ als eine Variable angesehen werden. Sieht man nämlich den

Zähler in (13) als eine Funktion von $\frac{p_x}{p_0}$ an, so wird dieser ein Maximum für

$$p_x p_0 = p_{kv} p_0 \cdot$$

Außerdem wird $\frac{2}{k} \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - 1 - \frac{k+1}{k} \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} - 1 = 0$

oder $\frac{2}{k} \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k} \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}} = 0$

$$\frac{2}{k+1} = \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}} \cdot \frac{2-k}{k} = \left(\frac{p_{kv}}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \text{und damit}$$

$$p_{kr} = p_0 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (15)$$

Mittels (15) kann der kritische Druck an der engsten Stelle der Düse berechnet werden. Gemäß (8) und (15) wird die Strömungsgeschwindigkeit an der engsten Stelle der Düse c_{kr} .

$$c_{kr} = \sqrt{2g \frac{k}{k+1} p_0 v_0} \quad (16).$$

Aus all diesen Berechnungen ergibt sich, daß sowohl c_{kr} und c_x als auch c nur vom Anfangszustand $p_0 v_0$ in der Brennkammer abhängen.

Die Geschwindigkeit und die Menge der die Düse pro Zeiteinheit durchströmende Gasmenge wird durch Reibung der Gase sowohl an der Düse als auch durch innere Reibung vermindert. Diese Verminderung kann durch einen Faktor φ , der meist etwas kleiner als eins ist, berücksichtigt werden. (8) müßte dann mit einem Faktor φ multipliziert werden und die Temperatur T in der Düsenmündung berechnet sich dann zu

$$T = T_0 \left[1 - \varphi^2 \left\{ 1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right\} \right] \quad (17)$$

$\varphi = 0,98.$

Weiter muß man aus dem gleichen Grunde (12) mit dem Faktor $\psi \approx 0,97$ multiplizieren.

In den bisherigen Betrachtungen haben wir einen Faktor nicht berücksichtigt, die Dissoziation. Bei den in der Brennkammer herrschenden hohen Temperaturen treten Dissoziationen der Gaspartikel auf, die von großem Einfluß auf die Leistung der Rakete sind.

Nehmen wir als Beispiel die Verhältnisse bei dem A 4. Die Verbrennung verläuft nach folgender Gleichung:



Die Verbrennungsgase bestehen hauptsächlich aus Kohlendioxyd und Wasser. Bei höheren Temperaturen dissoziieren diese Verbrennungsprodukte, wodurch eine bestimmte Wärmemenge verbraucht wird, die dem Gesamtsystem verloren geht. Für jede Temperatur stellt sich in der Brennkammer ein ganz bestimmter Druck und damit auch ein ganz bestimmtes dynamisches Gleichgewicht zwischen den einzelnen Komponenten ein. Beim A 4 beträgt die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer 1750 °C. Ausführliche Rechnungen haben ergeben, daß bei dieser Temperatur die Dissoziation des CO_2 bei etwa 0,3 % und die des H_2O bei etwa 0,07 % liegt. Während der Expansion in der Düse ist die Dissoziation trotz des niedrigen Druckes noch geringer.

Wir sehen, welche Vorteile die Kombination Äthylalkohol – Sauerstoff als Raketentreibstoff bietet; einmal ist der kalorische Wert beträchtlich, zum anderen kann die Verbrennungstemperatur so niedrig gehalten werden, daß eine Dissoziation der Verbrennungsgase kaum eintritt. Der Heizwert der Mischung Äthanol – Sauerstoff beträgt pro kg der Mischung 2,340 kcal. Ist die Dissoziation jedoch sehr groß, so muß sie bei der Verbrennungsrechnung berücksichtigt werden. In diesem Falle sind Rechnungen nötig, die nur mit Rechenautomaten gelöst werden können.

Literatur:

1. W. Wolff: Raketen und Raketenballistik, Berlin 1964.
2. H. G. Mebus: Berechnung von Raketentriebwerken, Füssen 1958.
3. E. W. Balachonzew: Die technische Thermodynamik als Grundlage der reaktiven Technik: russ., Moskau 1955.
4. G. P. Sutton: Rocket Propulsion Elements, New York und London 1956.
5. M. Barrère usw.: Raketenantriebe, Amsterdam 1961.

Schluß, daß für eine eindeutige Lösung dieses Problems erst noch weitere systematische und intensive Beobachtungen des Planeten notwendig sind.

Die Schrift ist sicher interessant für Astronomen, die sich mit dem Jupiter beschäftigen, und kann auch Amateuren Anregung zu eigener, zielgerichteter Beobachtungstätigkeit geben.

Dr. S. MARX

Walter Löbering: Jupiterbeobachtungen von 1926 bis 1964. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1969.

24 Seiten, 7 Abbildungen und 5 farbige Bildtafeln mit 47 Einzeldarstellungen, broschiert 17 M.

Kalender für Sternfreunde 1970

Wie alljährlich gibt es auch für 1970 wieder den „Ahnert'schen Sternkalender“, der in keiner Bibliothek eines Freundes der Astronomie fehlen sollte. Von Seite 9 der Ausgabe für 1970 wird hier zitiert: „Der Kalender für Sternfreunde ist vor allem für den Gebrauch durch den Liebhaber der Astronomie, an Volks- und Schulsternwarten und im Astronomieunterricht bestimmt. Er enthält alle Daten, die für die Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge und mit den gebräuchlichen Liebhaberinstrumenten notwendig sind, und bietet auch dem fortgeschrittenen Sternfreund, der sich mit physischen Beobachtungen der Körper des Sonnensystems, mit veränderlichen Sternen oder der Himmelsphotographie befaßt, die wünschenswerten Unterlagen“.

Diese Sätze berücksichtigen jedoch nur den Inhalt der ersten 135 Seiten. In diesem ersten Teil findet der Leser nach einer sehr guten „Gebrauchsanweisung“ für den Kalender, umfangreiches Datenmaterial über die Körper unseres Sonnensystems, sowie Angaben über helle Fixsterne. Hier hat der beobachtende Liebhaber der Astronomie alles, was er für die Vorbereitung und Durchführung seiner Beobachtungen braucht. Es ist eine Eigenschaft vieler Kalender, daß sie sich am letzten Tag des Jahres verbraucht haben und durch einen neuen ersetzt werden müssen. Das gilt natürlich auch für das Datenmaterial eines astronomischen Kalenders.

Der gesamte „Ahnert'sche Sternkalender“ hat sich aber nach Jahresablauf nicht verbraucht. Dies gilt auch wieder ganz besonders für die Ausgabe 1970, denn auf den letzten 63 Seiten findet der an astronomischen Problemen Interessierte noch sehr viel Wissenswertes, das von Bestand ist über das Jahresende hinaus.

Unter der Überschrift „Neue astronomische Arbeiten und Entdeckungen“ gibt es Kurzberichte, die aus der Vielzahl des anfallenden Neuen in der Astronomie so ausgewählt sind, daß sie den Amateur sicher interessieren; wie z. B. Messung der Entfernung Erde – Sonne mittels der 21-cm-Linie des neutralen Wasserstoffs; atmosphärische Störungen auf Jupiter und Saturn; Neues über Barnards Pfeilstern; wieder ein neuer Fixsternbegleiter in der nahen Sonnenumgebung; die 3^o-Strahlung, ein Beweis für den Urknall?.

In einigen weiteren ausführlichen Beiträgen erfährt der Leser dann etwas über das nun größte optische Teleskop der Erde, den 6-m-Spiegel der Sowjetunion. Der Beitrag zeigt die Schwierigkeiten beim Bau von derart großen Instrumenten und entsprechende Lösungen beim sowjetischen 6-m-Teleskop. In einem anderen Beitrag wird die Leuchtkraftfunktion behandelt, die angibt, wieviel Sterne einer bestimmten absoluten Helligkeit vorhanden sind. Hier lernt der Leser z. B., daß 97 % aller Sterne eine geringere Leuchtkraft als unsere Sonne haben.

Früher waren dem Menschen nur Gestirne bekannt, die er unmittelbar mit seinen Augen und einfachen optischen Hilfsmitteln sehen konnte. Heute kennen wir Objekte, deren Strahlung nur mit speziellen Empfängern nachgewiesen werden kann. Dazu zählen die Infrarotsterne, mit effektiven Temperaturen von ca. 1000°K. Über diese „Sonderlinge“ unter den Sternen kann man sich ebenfalls in dem Kalender informieren.

In einem weiteren Beitrag behandelt Dr. Ahnert extrem junge Sterne, solche Objekte, die in ihrer Entwicklung das Hauptreihenstadium noch nicht erreicht haben. Zwei andere Beiträge beschäftigen sich mit den „Kosmischen Dimensionen“ und einem „Blick in die Tiefen des Raumes“.

Eng verbunden sind heute Fragen der Astronomie mit der Entwicklung der Raumfahrt. Der Autor gibt auch einen Überblick über wahrscheinliche Zukunftsaussichten der Raumfahrt, wobei er von erfolgreich verlaufenen Experimenten ausgeht. Danach kommt der Autor zu der Auffassung, daß Merkur und Venus „verbotenes Land“ für den Menschen sein dürften, der Mars – nach dem Mond – dem Menschen die besten Landungsmöglichkeiten bieten müßte. Neben der Erforschung der Großplaneten werden auch die Kleinen Planeten in die Überlegungen einbezogen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß der „Ahnert'sche Sternkalender“ auch 1970 wieder ein wesentliches Hilfsmittel für den Beobachter ist, über interessante astronomische Probleme informiert und jedem Interessierten uneingeschränkt empfohlen werden kann.

Dr. S. MARX

Paul Ahnert: Kalender für Sternfreunde 1970. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig. 200 Seiten mit 48 Abb., 4,50 M.

Astronomie und Raumfahrt

15083
1 2179

2m 31052

1769

H.D. Heinrich

Charlottenstr. 15

111-Berlin

H.
18.11.70



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Optik für den Amateur. Teil I: Bilddefinition des Spiegelteleskops · Dietmar Stachowski	97
Die Szintillation und ihre Wirkung auf die Beobachtung · Dr. Siegfried Marx .	101

Aus der Literatur

Die Hubble-Konstante	104
Hellere periodische Kometen der nächsten Jahre	106
Farbfernsehen aus dem Weltraum	128
Weltraumforschungsdienste in Japan	128
 Bildteil: Raumschifftyp Sojus und Sojus-Trägerrakete	 111 – 114

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Sterilisationsprobleme beim Weltraumflug · Hans-K. Remane	108
Eine Kerblockkartei als Datenspeicher „Raumflugkörper“ · Hans Swart . .	116
Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1969 · Karl-Heinz Neumann . . .	123

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1970 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: Druckhaus Freiheit Halle, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Der vorliegende Artikel ist der erste einer Fortsetzungsreihe, in der eine Reihe von Problemen behandelt werden soll, die für den Amateur, der sich selbst ein gutes Instrument bauen möchte, gedacht ist. Dabei wird vorausgesetzt, daß dem Leser der Aufbau der wichtigsten Fernrohrtypen geläufig ist. Ausgezeichnete Darstellungen über die Grundlagen des Fernrohrs für den Amateur und die damit erreichbaren Leistungen sind an anderer Stelle ausreichend vorhanden, so daß hierauf nicht eingegangen zu werden braucht (1).

Hauptsächlich werden hier Probleme der Spiegeloptik behandelt, da ja Spiegelteleskope seit jeher vom Amateurastronomen im Eigenbau hergestellt werden und sich dabei als sehr brauchbare und relativ preiswerte Beobachtungsinstrumente für fast alle Ansprüche des Amateurs erwiesen haben. Inzwischen sind auch bei uns geeignete Schleifanweisungen zum Selbstherstellen der Spiegel und Beschreibungen der für die Prüfung der optischen Flächen erforderlichen Prüfmethoden zugänglich, die lange Zeit hindurch nur in der angelsächsischen Literatur vorhanden waren. Unterlagen über die hier behandelten Probleme sind dagegen im allgemeinen recht schwierig zu beschaffen, daher werden in den Text weitgehend Literaturhinweise mit eingearbeitet; ein ausführliches Literaturverzeichnis soll am Schluß der Fortsetzungsreihe angefügt werden.

Teil I: Bilddefinition des Spiegelteleskops

In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erlebte die visuelle Beobachtung der Körper unseres Planetensystems einen Aufschwung, verbunden mit einer lebhaften Zunahme des Interesses an astronomischen Dingen, der zweifellos wesentlich durch die Beobachtungen des italienischen Astronomen Schiaparelli am Planeten Mars begründet war. Die Entdeckung von „Einzelheiten“ auf dem Mars, nicht zuletzt der schon fast legendären „Marskanäle“ war ja damals eine echte Sensation. Damals war es auch, als der Begriff „Bilddefinition“ in der Fernrohrtechnik eine ganz besondere Beachtung erlangte. Denn sie war gerade auf dem Gebiet der Beobachtung feinsten Details an Mond und Planeten von großer Bedeutung.

Die Kontroverse zwischen den Verfechtern des Refraktors und des Reflektors läßt sich über einen langen Zeitraum verfolgen. Man behauptete, die Spiegelteleskope müßten durch Größe ersetzen, was die Refraktoren von Hause aus besäßen, nämlich Bilddefinition. Ein bekannter französischer Astronom jener Zeit, F. C. Wolf, der diese oft zu bösen Polemiken ausartenden Streitigkeiten aus der Welt schaffen wollte, untersuchte 1886 dieses Problem in einem Experimentalvortrag an der Sorbonne und kam wörtlich zu dem Schluß (2): „... bei gleicher Öffnung ist der Refraktor dem Reflektor überlegen!“ Ähnlich äußerte sich der bekannte Mond- und -Planetenbeobachter W. H. Pickering, der in einem Artikel „Refraktor gegen Reflektor“ (3) im März 1930 schreibt, er habe mit keinem Reflektor bei voller Öffnung jemals Beugungsringe und Fixsterne gesehen, während am 11 Zoll-Harvard-Refraktor komplette Beugungsringe durchaus keine seltene Erscheinung seien. Nun hat sich zwar auf dem Gebiete der Spiegeloptik in den letzten 40 Jahren vieles zum Guten verändert, die Schwierigkeiten der Temperatur- und Schwerkverbiegung, die bei den Größenordnungen der Amateurteleskope allerdings gar nicht im Vordergrund stehen, sind weitgehend gemeistert. Gebleben sind jedoch nach wie vor die Beugungseffekte, wobei wir bereits beim Kern der Sache angekommen sind, der Lichtbeugung.

Ein kreisrund begrenztes Objektiv, sowohl Linse als auch Spiegel, entwirft von einem mathematischen Lichtpunkt wie es z. B. ein Fixstern für uns ist, eine endlich

große Beugungsfigur, die aus einer zentralen Scheibe, umgeben von einer Serie nach außen schwächer werdender Ringe besteht. Je größer der Durchmesser des Objektivs, um so kleiner ist der Durchmesser der Beugungsringe. Der Radius des zentralen Beugungsscheibchens ist daher ein Maß für die Definition eines Objektivs, denn es ist leicht einzusehen, daß ein kleineres Beugungsscheibchen eine feinere Bilddarstellung zuläßt als ein größeres, wie ja auch der feinere Raster eines Kunstdruckes mehr Bildeinzelheiten zeigt als der grobe Raster eines Zeitungsdruckes. Bezeichnet man den Halbmesser des „ersten Minimums der Intensität“, d. h. die Entfernung zwischen dem Zentrum des Scheibchens und der Mitte des ersten dunklen Ringes mit μ , so ergibt sich

$$\mu = \frac{138''}{\text{Objektivdurchmesser in mm}}$$

Damit kann man die sogenannte „theoretische Definition“ oder das „Auflösungsvermögen“ auf sehr einfache Weise berechnen. Für ein 150 mm-Teleskop ergibt sich somit eine theoretische Definition von 138'' : 150 = 0,92. Die praktischen Gegebenheiten sind jedoch meist weit davon entfernt, sich an diesen theoretischen Wert zu halten. Wir untersuchen dazu die Lichtverteilung in der Beugungsfigur (Abb. 1). Aus dem resultierenden Lichtgebirge ersieht man, daß bei einem idealen Objektiv der überwiegende Teil des zum Beugungsbild formierten Sternenlichtes im zentralen Beugungsscheibchen enthalten ist, wogegen die Intensität des ersten, zweiten und dritten Ringes gering sind. Bei guten Luftbedingungen ist es durchaus möglich, das zentrale Scheibchen als diskretes Teil der Beugungsfigur zu erkennen und damit das volle Auflösungsvermögen des Objektivs zu erreichen. Bei der üblicherweise herrschenden Luftunruhe verschwinden die schmalen Nullintensitäten zwischen Scheibchen und Ringen und man sieht nur einen geschlossenen tanzenden Lichtfleck vom Durchmesser des ersten, ja sogar des zweiten oder dritten Beugungsringes. Daraus resultiert: wenn wir die Beugungsringe schon mal in Kauf nehmen müssen, sollten wir wenigstens darauf achten, daß die Lichtverteilung und damit der Kontrast zwischen zentraler Scheibe und den Beugungsringen erhalten bleibt.

Ein ideales Objektiv vereinigt 83,9 % des zum Beugungsbild formierten Lichtes in der zentralen Scheibe; der erste Beugungsring enthält 7,1 %, der zweite 2,8 % und der dritte 1,5 %. Die verbleibenden 4,7 % verteilen sich auf die übrigen, nach außen immer schwächer werdenden Ringe. Der astronomische Beobachter ist jedoch nur an der zentralen Scheibe interessiert, sie allein gibt die Definition, alles andere ist Verlust. Das Verhältnis zwischen Gewinnanteil und Verlustanteil ist nun der „Kontrastfaktor“, im Idealfall also 83,9 : 16,1 = 5,2. In welcher Weise ändern sich diese Verhältnisse, wenn die abbildende Optik aber die Form eines Kreisringes hat, wie es bei einem Spiegelteleskop mit einer zentralen Silhouettierung der Fall ist?

Zwei amerikanische Physiker, die Professoren Everhart und Kantorsky haben diese Frage in neuerer Zeit untersucht und in (4) darüber berichtet. Mit wachsender Silhouettierung ist eine zunehmende Veränderung des Beugungsbildes verbunden. Aus der zentralen Scheibe wandert Licht ab und geht vor allem in den ersten und dritten Beugungsring. Um die tatsächlichen Intensitäten quantitativ festzulegen, haben Everhart und Kantorsky ein Diagramm entworfen, das in Abb. 2 wiedergegeben ist. Auf der Abszisse sind die Durchmesser der silhouettierenden Fläche in Bruchteilen des Objektivdurchmessers und auf der Ordinate die Kontrastfaktoren aufgetragen. Auf der obersten, ausgezogenen Kurve kann man ablesen, wie groß bei einem bestimmten Fangspiegeldurchmesser der Kontrastfaktor noch ist.

Wir betrachten ein 150 mm Newton-Teleskop mit einem elliptischen Fangspiegel, dessen kleine Achse 30 mm lang ist, d. h. 20 % des Hauptspiegeldurchmessers. Wir

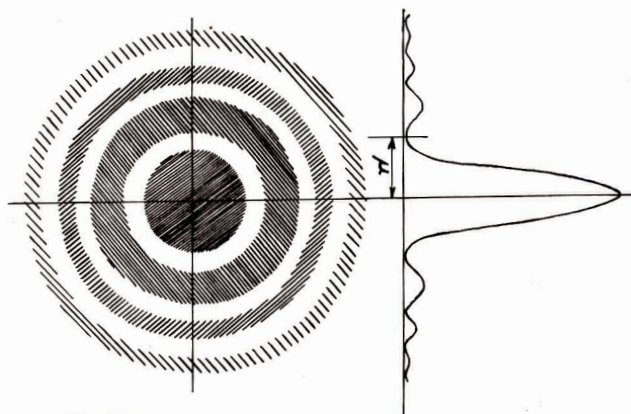


Abb. 1: Lichtverteilung in der Beugungsfigur.

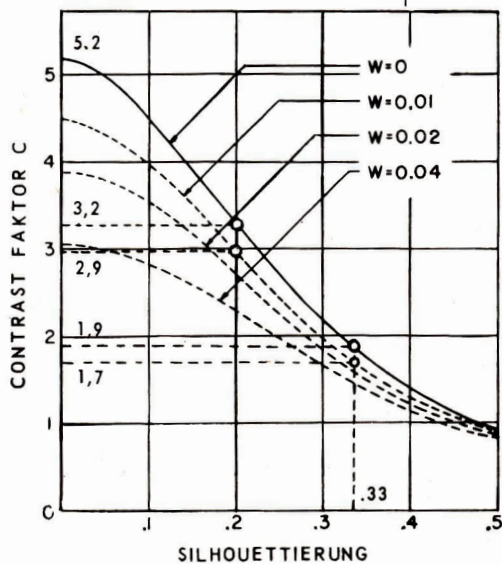


Abb. 2:
Diagramm der
Veränderung des
Beugungs-Bildes.

suchen den Schnittpunkt der im Punkte 0,2 auf der Abszisse errichteten Ordinate mit der ausgezogenen Kurve und finden als Kontrastfaktor 3,2. Da 5,2 der ideale Kontrastfaktor ist, ergibt sich, daß der Newton nur noch $3,2 : 5,2 = 0,61$, d. h. 61 % des idealen Kontrastes aufweist, oder, daß der ideale Kontrast um 39 % verringert ist. Dabei ist vorausgesetzt, daß der Fangspiegel strebenlos im einfallenden Strahlenbündel befestigt ist. Kommen Fangspiegelstreben hinzu, so tritt eine weitere Veränderung des Beugungsbildes ein (5). Jeder kennt die eindrucksvollen Aufnahmen von Sternfeldern, die mit großen Spiegelteleskopen aufgenommen wurden und die Sterne mit scharfen Lichtstrahlen zeigen. Diese Strahlen sind nichts als verlorenes Licht, das dem eigentlichen Beugungsbild entzogen wird und infolge der Lichtbeugung an den Haltestreben der Fangspiegel strahlenförmig ausgebreitet wird. Im Diagramm, Abb. 2, kann man auch die quantitative Auswirkung einer 4-strebigten Fangspiegelhalterung ablesen und zwar anhand der gestrichelt gekennzeichneten zweiten Kurve ($w = 0,1$) für eine Strebendicke von 0,1 des Hauptspiegeldurchmessers. Bei einer silhouettierenden Fläche von 0,2 ergibt sich der Kontrastfaktor zu 2,94. Der Kontrast ist also auf $2,94 : 5,2 = 0,56$, d. h. 56 % des Idealwertes abgesunken.

Bei einem Cassegrain, bei dem der Fangspiegel z. B. einen Durchmesser von 0,333 des Hauptspiegeldurchmessers erhält, werden die Verhältnisse noch kritischer. Der Kontrastfaktor ist dann bei strebenlosem Fangspiegel auf 1,9, d. h. 37 % des Idealwertes abgesunken, mit einer vierstrebigten Halterung aber bis auf 1,7, d. h. 33 % des Idealwertes verringert.

Die Auswirkungen dieser Kontrastverschiebung sind in Abb. 3 wiedergegeben. Im Idealfall 1, Silhouettierung gleich Null, ist das Erkennen des ersten Minimums noch möglich und somit die theoretische Definition zu erreichen. Bei Fall 2, $S = 0,2$, ist die Helligkeit des ersten Beugungsrings durch Kontrastverschiebung schon so stark angestiegen, daß das erste Minimum zu einem schmalen Dunkelspalt, umgeben von leuchtenden Wällen, zusammenschrumpft. Damit wird ein vergrößerter Bildpunkt vom vollen Durchmesser des ersten Beugungsrings vorgetäuscht. Im Fall 3, dem Cassegrain mit $S = 0,333$, sind die geschilderten Verhältnisse noch weit ausgeprägter.

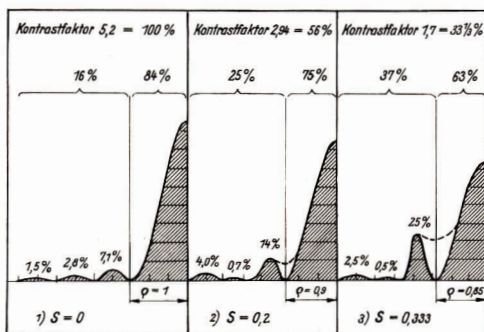


Abb. 3: Auswirkungen der Kontrastverschiebung.

Da sich, gleichgültig bei welchem Objektivdurchmesser, der Halbmesser der zentralen Beugungsscheibe (ω) zum Außenhalbmesser des ersten Beugungsringes (ω') ungefähr wie 1 : 1,8 verhält, so besagt das, daß die Definition des silhouettierten Objektivs auf etwas mehr als die Hälfte eines gleichgroßen nichtsilhouettierten Objektivs abgesunken ist. Dieses Ergebnis stimmt auffallend gut mit den Behauptungen vieler Kritiker des Spiegelteleskopes überein: daß man nämlich, um dieselbe Definition zu erhalten wie an einem Refraktor, einem Spiegelteleskop den doppelten Hauptspiegeldurchmesser geben müsse.

Literatur:

(1) Ahnert, F.: „Das Fernrohr des Liebhaberastronomen“. Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. 2. Auflage 1968. — (2) Wolf, F. C.: „Die Rolle der großen Fernrohre bei den astronomischen Beobachtungen“, Sirius Bd. XIV, Heft 6 und 7. — (3) Pickering, W. H.: „Reflektors versus Refraktors“, Popular Astronomie, März 1930. — (4) Everhart, E. und Kantorsky J.: „Diffraction Effects Produced by Obstructions in Reflecting Telescopes of Modest Size“, Astr. Journ. 64 (Dec. 1959), im Auszug nachgedruckt in Sky and Telescope, Sept. 1960. — (5) Couder, A.: „Über Beugungserscheinungen an Fangspiegeln“, L'Astronomie, Jan. 1934. — (6) Kutter, A.: „Mein Weg zum Schiefspiegler“, Le Teleskope de l'Amateur avisé Problèmes et Travaux d'Observation, Rascher-Verlag, Zürich und Stuttgart 1962.

Die Szintillation und ihre Wirkung auf die Beobachtung

Dr. SIEGFRIED MARX

Der beobachtende Astronom auf der Erdoberfläche wird immer vor der Schwierigkeit stehen, seine Beobachtungen durch die Erdatmosphäre hindurch machen zu müssen. Diese Erdatmosphäre hat für das vollständige Erkennen der kosmischen Körper die unangenehme Eigenschaft, daß sie nur Strahlung bestimmter Wellenlängen hindurchläßt. Man spricht vom optischen Fenster, durch welches Strahlung von 300 nm bis 800 nm hindurchkommt, und vom Radiofenster, durch welches Strahlung von 1 cm bis 25 m Wellenlänge bis zur Erdoberfläche gelangt. Zwischen diesen Fenstern gibt es gewissermaßen „schmale Risse“ in der atmosphärischen Mauer, durch die Strahlung sehr schmaler Wellenlängenintervalle bis zur Erdoberfläche hindurchdringen kann.

Der Amateurastronom blickt im allgemeinen nur durch das optische Fenster in den Weltraum. Nun ist dieses optische Fenster leider nie ganz sauber, d. h. die Strahlung im Wellenlängenintervall 300 nm bis 800 nm wird in verschiedenster Weise durch die Materie der Lufthülle beeinflusst. Wir kennen die Refraktion, die wellenlängenabhängige Extinktion und die Szintillation. Über diese letztere störende Beeinflussung soll hier berichtet werden.

Im allgemeinen ist die Szintillation als das Funkeln der Sterne bekannt, das besonders nach heißen Tagen im Sommer auftritt. Dieses Funkeln ist jedoch nur ein Teil der Szintillation, nämlich die Helligkeitsszintillation.

Die Ursache dieser Erscheinung sind Schlieren in der Erdatmosphäre. Diese Schlieren sind kleine Volumen mit höherer Temperatur und anderem Druck als ihre Umgebung. Von diesen Parametern Temperatur und Druck ist aber der Brechungs-

index der Luft abhängig, d. h. die Schlieren haben eine linsenartige Wirkung. Durch diese „Linsen“ werden Schwankungen in der anfangs gleichmäßigen Strahlungsdichte hervorgerufen und damit Helligkeitsschwankungen an der Erdoberfläche (s. Abb. 1).

Tatsächlich sind am Gesamteffekt die Schlieren aller Schichten der Erdatmosphäre beteiligt. Die Beiträge der tiefsten Schichten (bis ca. 1 km Höhe) sind aber unbedeutend. Bei den Schlieren der tiefen Schichten ist der Strahlenweg von den Schlieren bis zum Erdboden so kurz, daß die Strahlendichteveränderung, d. h. die Auslenkung eines Teiles der Lichtenergie aus der zur Verfügung stehenden Empfängeröffnung, noch nicht genügend wirksam wird. Die höheren Schichten der Erdatmosphäre (über 15 km Höhe) sind dann ebenfalls ohne Bedeutung, da hier die

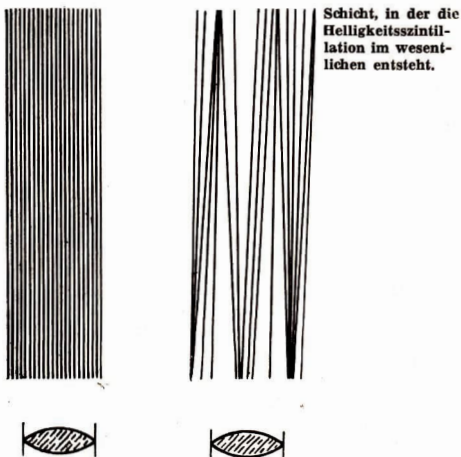


Abb. 1:
a) ohne Helligkeitsszintillation,
konstante Strahlungsdichte über die
gesamte Fläche der Optik.

b) mit der Helligkeitsszintillation wird
ein Teil der Strahlungsenergie abge-
leitet, der Stern erscheint mit falscher
Helligkeit.

Luftdichte zu gering ist. Der Höhenbereich, der maximal an der Erzeugung der Helligkeitsszintillation beteiligt ist, liegt nach Scheffler zwischen 8 km und 12 km Höhe.

Von einer punktförmigen Lichtquelle gibt es also „schattige“ und „hellere“ Zonen. Handelt es sich nun um eine flächenhafte Lichtquelle, so liefert jeder Punkt der ausgedehnten Strahlungsquelle ein Schattenmuster: die einzelnen Muster sind

gegeneinander verschoben. Die Überlagerung der verschiedenen Muster hat zur Folge, daß die Helligkeitsschwankungen weitgehend aufgehoben sind. Das erklärt das Fehlen der Helligkeitsszintillation bei den Planetenbeobachtungen.

Da die Helligkeitsszintillation nicht die Folge einer Lichtschwächung ist, sondern durch eine seitliche Verschiebung von Strahlungsenergie entsteht, wird sie mit zunehmender Empfängeröffnung immer wirkungsloser.

Wie bereits erwähnt, sind die Schlieren zwischen 8 km und 12 km Höhe hauptverantwortlich für die Helligkeitsszintillation. In diesen hohen Atmosphäreschichten sind stets kräftige Luftbewegungen vorhanden, d. h. die verschiedenen „Linsen“, die die Helligkeitsschwankungen verursachen, verschieben sich sehr schnell gegeneinander und der Effekt der Helligkeitsszintillation tritt dem zu Folge mit Frequenzen von 100 Hertz und mehr auf. Die schnelle Veränderlichkeit der Schattenmuster läßt den Effekt der Helligkeitsszintillation also bei Beobachtungen auch bedeutungslos werden, wenn man mit Instrumenten kleiner Öffnung keine Momentaufnahme macht, sondern die einfallende Strahlungsenergie über einen längeren Zeitraum integriert.

Der nachteilige Einfluß der Helligkeitsszintillation läßt sich also in jedem Fall sehr stark in der Beobachtung eliminieren.

Dies ist bei der Richtungsszintillation, der anderen Komponente der Szintillation, nicht der Fall. Für die Richtungsszintillation sind vor allem die bodennahen Schichten verantwortlich. Die Schlieren, die hier wirksam werden, haben Durchmesser in der Größenordnung von 10 cm. Nimmt man den untersten Kilometer als wirksam an für die Richtungsszintillation, dann genügt es schon, wenn die Schlieren eine um $0,05^\circ$ höhere Temperatur als ihr Umgebung haben, um eine Richtungsabweichung von 1 Bogensekunde hervorzurufen. Höhere Temperaturdifferenzen und kleine Schlierdurchmesser wirken sich sofort verstärkend auf den Effekt aus, denn für die Richtungsabweichung gilt nach Scheffler

$$\alpha \sim \Delta T \sqrt{\frac{h}{d}}$$

Darin ist α die Winkelabweichung, ΔT die Temperaturdifferenz, h die wirksame Schichthöhe der Atmosphäre und d der Schlierdurchmesser.

Die Richtungsszintillation bewirkt im Fernrohr kleiner Öffnung, daß nacheinander das Beugungsbild der punktförmigen Lichtquelle ein größeres Gebiet, als es das eigentliche Beugungsscheibchen ist, überstreicht. Bei Fernrohren kleiner Öffnung können einzelne Schlieren von 10 cm bis 20 cm Durchmesser schon allein wirksam sein und das Sternbild zuckt in der Fokalebene hin und her.

Bei einem Fernrohr mit großer Öffnung wirken mehrere Schlieren gleichzeitig, und es entstehen in der Brennebene nebeneinander liegende Bilder eines Sternes. Das Gesamtbild in der Brennebene macht hier also einen ruhigen Eindruck.

Die Wirkung der Richtungsszintillation ist aber im Fernrohr mit kleiner Öffnung und dem mit großer Öffnung dieselbe: die einfallende Strahlungsmenge wird auf eine größere Fläche – z. B. auf einer Photoplatte – verteilt, als es bei fehlender Richtungsszintillation der Fall wäre. Damit sind die Reichweite eines Instrumentes und dessen Auflösung von der Größe der Richtungsszintillation abhängig. Je größer der Betrag der Richtungsabweichung, um so geringer die Reichweite und um so schlechter die Auflösung.

Während bei der Helligkeitsszintillation die negative Beeinflussung fast immer ausgeschaltet werden konnte, ist dies bei der Richtungsszintillation nicht der Fall. Dieser Effekt entsteht in der Hauptsache in den bodennahen Schichten der Atmosphäre. In diesen Gebieten ist die Luftbewegung im allgemeinen langsamer als in

den hohen Schichten und demzufolge sind die Frequenzen der Richtungsszintillation auch kleiner als bei der Helligkeitsszintillation; sie betragen nur etwa 10 Hertz, können in Extremfällen aber auch nur 0,1 bis 0,05 Hertz betragen.

Da für die Richtungsszintillation Luftschlieren in Bodennähe in Frage kommen, die höhere Temperaturen als ihre Umgebung haben, kann man den Effekt kleiner halten, wenn man sich bemüht, in der unmittelbaren Umgebung des Instrumentes keine Wärmequelle zu haben. Man sollte also das Instrument in einem ebenen Gebiet gleichmäßiger Bewachung aufstellen. Ebenes Gebiet, damit nicht Luftströmungen anders temperierte Luft heranzuführen. Die gleichmäßige Bewachung garantiert eine gleichmäßige Wärmeaufnahme am Tage und Wärmeabgabe in der Nacht. Hätte man beispielsweise in einem größeren hellen Gebiet eine dunkle Fläche eingeschlossen, so erwärmt sich die dunkle Zone am Tage bei der Sonneneinstrahlung stark und gibt in der Nacht die gespeicherte Wärme entsprechend ab. Somit kommt es in der Luft darüber zu Temperaturdifferenzen.

Die Richtungsszintillation kann auch gefördert werden im Kuppelspalt und im Fernrohrtubus. Es erweist sich deshalb als günstig, wenn man die kalte Nachtluft von der einen Beobachtungsnacht zur anderen in der Kuppel behalten kann, also die Kuppel nach außen wärmeisoliert ist, und der Kuppelspalt am Tage nicht geöffnet wird.

Im allgemeinen befinden sich die Instrumente auf oder in der Nähe mehr oder weniger stark bewohnter Gebäude. Dadurch entstehen durch die Aufheizung der Wohnräume im Winter Wärmespender, die Turbulenz und Schlieren hervorrufen können.

Das letzte zeigt, daß die Richtungsszintillation zwar nicht umgangen werden kann, daß es aber verschiedene Möglichkeiten gibt, deren Beachtung die Größe der Richtungsszintillation herabsetzt.

Aus der Literatur

Die Hubble-Konstante

Die Hubble-Konstante (H) ist nach dem bekannten Astronomen Edwin Hubble benannt, der den Zusammenhang ($v = H \cdot r$) zwischen der Entfernung (r) der Galaxien und deren Fluchtgeschwindigkeit (v), die durch die Rotverschiebung der Linien in den Spektren der Galaxien zu erkennen ist, fand. Die Bestimmung des Zahlenwertes der Hubble-Konstanten ist sehr schwierig, da man die Entfernung weit entfernter Galaxien, bei denen der Effekt der Rotverschiebung auf Grund hoher Fluchtgeschwindigkeit groß ist, mit hoher Genauigkeit benötigt. Hat man den Wert der Hubble-Konstanten einmal mit guter Genauigkeit, kann durch Messung der Rotverschiebung bei anderen Galaxien über die Beziehung $v = H \cdot r$ deren Entfernung bestimmt werden.

Das Maß der Genauigkeit der Hubble-Konstanten ist ganz wesentlich von der qualitativen Leistungsfähigkeit der Entfernungsbestimmungsmethoden abhängig. Vor ca. 30 Jahren schätzte man die Entfernungen der Galaxien zu klein und so nahm man 1940 für die Hubble-Konstante einen Wert von 580 km/s Mpc an. Der Fortschritt in den Meßmethoden zur Entfernungsbestimmung und neue theoretische Erkenntnisse hatten zur Folge, daß man 1952 einen Wert von 260 km/s Mpc für die Hubble-Konstante annahm; 1960 war man der Meinung, diese Konstante habe den Wert 100 km/s Mpc und in den letzten Jahren des vergangenen Jahrzehnts findet man in der Literatur Werte um 75 km/s Mpc. Das bedeutet, daß der überblickbare Teil der Welt „immer größer wurde“.

Auf dem 13. Treffen der „American Astronomical Society“ gab S. van den Bergh einen kritischen Bericht über den heutigen Stand der Kenntnisse um die Hubble-Konstante. Er betrachtete unterschiedliche Methoden der Bestimmung von H und konnte als Ergebnis fest-

stellen, daß die Resultate der einzelnen Methoden im Rahmen der unvermeidlichen Unsicherheiten gut übereinstimmen.

Die Bestimmung der Hubble-Konstanten geschieht gewissermaßen in zwei Stufen:

1. Bestimmung der Entfernung von nahen Galaxien der Lokalen Gruppe mit guter Genauigkeit. Die Fluchtgeschwindigkeiten der nahen Objekte der Lokalen Gruppe sind so klein, daß sie durch die zufälligen Bewegungen der Galaxien überdeckt werden und nicht exakt nachweisbar sind.
2. Die nahen Galaxien werden mit den entfernten Galaxien verglichen, d. h. die an den nahen Galaxien erprobten Entfernungsindikatoren werden auf die entfernten angewandt, bei denen die Fluchtgeschwindigkeit die dominierende Bewegungskomponente ist.

S. van den Bergh stützt sich auf die folgenden Galaxien der Lokalen Gruppe mit den von ihm abgeleiteten Entfernungen:

Große Magellansche Wolke	53 10^3 pc	Kleine Magellansche Wolke	69 10^3 pc
Andromedanebel	660 10^3 pc	NGC 6822	700 10^3 pc
M 33	810 10^3 pc	IC 1613	880 10^3 pc

Alle Entfernungsbestimmungen über die Lokale Gruppe hinaus sind nur unter gewissen Voraussetzungen möglich:

Die Entfernungsindikatoren (Cepheiden, Kugelsternhaufen usw.) sind in allen Sternsystemen in ihren Eigenschaften gleich;

Entwicklungseffekte. Altersunterschiede, unterschiedliche chemische Zusammensetzung können vernachlässigt werden. Dies muß man tun, da man ihren möglichen Einfluß nicht berücksichtigen kann.

Auf Grund der vielen Unsicherheiten muß man soviel Methoden wie nur irgend möglich anwenden und die Resultate vergleichen, um systematische Fehler auszuschalten.

In folgendem werden die von S. van den Bergh diskutierten Methoden kurz gekennzeichnet:

1. **H II-Regionen:** Auf Platten des 100-inch- und 200-inch-Spiegels wurden die Durchmesser von H II-Regionen (ionisierte Wasserstoffgebiete) gemessen. Unter der Annahme, daß die Durchmesser der größten H II-Regionen in allen Galaxien gleich sind, kann man durch Vergleich der Regionen in den Galaxien der Lokalen Gruppe und entfernter Galaxien einen Schluß auf die Entfernung ziehen.
2. **Leuchtkraftklassen von Galaxien:** Es scheint zwischen dem Maß der Ausprägung der Spiralstruktur und der Leuchtkraft der Galaxien ein Zusammenhang zu bestehen. Helle Galaxien haben lange, gut entwickelte Spiralarme, schwache Galaxien besitzen nur schlecht definierte Spiralarme. Aus der Qualität der Definition der Spiralarme kann man also auf die Leuchtkraft der Sternsysteme schließen. Bei Kenntnis der Leuchtkraft und Messung der scheinbaren Helligkeit ist die Entfernung berechenbar.
3. **Hellster Kugelsternhaufen:** Im Milchstraßensystem und im Andromedanebel hat der jeweils hellste Kugelsternhaufen eine absolute Helligkeit $M_{\text{phot}} = -9^m.9$. Unter der Annahme, daß das auch in anderen Sternsystemen so ist, kann man, sobald man den hellsten Kugelsternhaufen identifiziert hat, wiederum die Entfernung berechnen.
4. **Masse-Leuchtkraft-Verhältnis:** Von einigen Mitgliedern der Lokalen Gruppe ist das Masse-(M)-Leuchtkraft-(L)-Verhältnis mit hinreichender Genauigkeit bekannt. Weiterhin konnte gezeigt werden, daß das M-L-Verhältnis nicht vom Galaxientyp und auch nicht von der Leuchtkraft abzuhängen scheint. Man kann nun bei Kenntnis der Masse und der Annahme, daß das M-L-Verhältnis überall tatsächlich gleich ist, die Leuchtkraft und damit die Entfernung bestimmen. Die Masse wird aus der Rotation der Galaxien ermittelt.
5. **Kleine Galaxienhaufen:** Es konnten einige kleine Galaxienhaufen gefunden werden, die in ihrer Struktur und Zusammensetzung der Lokalen Gruppe sehr ähnlich sind. Innerhalb der Lokalen Gruppe ist die Galaxis M 33 das dritthellste Objekt. Vergleicht man nun die Helligkeit von M 33 mit dem dritthellsten Objekt in den erwähnten kleinen Haufen, die der Lokalen Gruppe ähnlich sind, ist wieder eine Möglichkeit der Entfernungsbestimmung vorhanden.
6. **Supernovae:** Im Jahre 1572 gab es in unserer Galaxis eine Supernova, die nach dem bekannten Astronomen der damaligen Zeit Tycho Brahe benannt wurde. S van den Bergh berechnete die maximale absolute Helligkeit dieser Typ I Supernova zu $M_{\text{max}} = -18m.2$.

Der Vergleich dieser Supernova in ihrer Maximalhelligkeit mit Supernovae in anderen Galaxien ermöglicht eine Entfernungsberechnung. Bei dieser Methode kommt die auch bei den anderen vorhandene Unsicherheit besonders deutlich zum Ausdruck, denn hier wird alles auf nur ein Vergleichsobjekt bezogen.

7. **Oberflächenhelligkeit:** In diesem Fall werden die Oberflächenhelligkeiten von nahen und fernen Galaxien verglichen. Es ist eine Methode mit wenig Genauigkeit, da der Zusammenhang zwischen den Oberflächenhelligkeiten nicht eng ist.
8. **Galaxiendurchmesser:** Der Durchmesser von Galaxien scheint mit deren Leuchtkraft gekoppelt. Leuchtstarke Galaxien haben einen größeren Durchmesser als leuchtarme. So kann man im Virgo-Haufen, dessen Mitglieder alle die gleiche Entfernung haben, den Zusammenhang zwischen Helligkeit und scheinbarem Durchmesser erkennen. Als Standard aus der Lokalen Gruppe dienen die Magellanschen Wolken, der Andromedanebel und M 33.
9. **Hellste Sterne in den Galaxien:** Der hellste Stern in einer Galaxis kann als Entfernungskriterium dienen. Diese Methode ist allerdings die schwächste. Man kann durchaus einen Vordergrundstern fälschlicherweise einer Galaxis zuordnen oder einen Kugelsternhaufen der Galaxis mit einem Stern verwechseln.

Wenn man sich die verschiedenen 9 Methoden einmal vor Augen hält, hängen 8 davon (außer der Supernovamethode) an der Entfernungsskala der Lokalen Gruppe und damit an der Periodenleuchtkraft-Beziehung der Cepheiden. Die unter 6. stehende Methode hat eine Basis aus unserem Milchstraßensystem.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, die unvermeidlich sind, ist die in der nachfolgenden Tabelle zum Ausdruck kommende Übereinstimmung in den Werten der Hubble-Konstanten als sehr gut zu bezeichnen:

1. H-II-Regionen	91 km/s Mpc	6. Supernovae	123 km/s Mpc
2. Leuchtkraftklassen	98	7. Oberflächenhelligkeit	93
3. Kugelsternhaufen	72	8. Galaxiendurchmesser	89
4. Masse-Leuchtkraft-Beziehung	105	9. Hellste Sterne der Galaxien	105
5. Kleine Galaxienhaufen	126		

Daraus ergibt sich als gewichteter Mittelwert für die Hubble-Konstante:

$$H = 95 \text{ km/s Mpc} \pm 15 \text{ km/s Mpc.}$$

Dr. S. MARX

(Nach einem Tagungsbericht in „Sky and Telescope“)

Hellere periodische Kometen der nächsten Jahre

Für jeden an der Astronomie Interessierten ist die Beobachtung eines hellen Kometen mit einem deutlich ausgeprägten Schweif etwas besonderes. So erinnern sich sicher noch viele an die interessante Erscheinung des Kometen Arend-Roland aus dem Jahre 1957 oder an die jüngste hellere Erscheinung aus dem Frühjahr 1970. Viele werden auch auf die kommende Beobachtungsperiode des bekannten Halley'schen Kometen warten.

Die Kometen bewegen sich nach den Gesetzen der Himmelsmechanik auf Kegelschnitten um die Sonne; sie sind also Mitglieder unseres Sonnensystems. Im Gegensatz zu den Planeten und Planetoiden haben die Kometen aber Bahnen großer Exzentrizität. Von diesen langgestreckten Bahnen kann nur ein kleiner Teil um das Perihel der Bahn beobachtet werden, was die Bahnbestimmung erschwert. Weiterhin sind die Störungen, die die Kometen auf ihren langgestreckten Bahnen erfahren, schwer erfaßbar. So ergaben die Rechnungen für die Bahnen der bis jetzt bekannten Kometen zu etwa 40 % elliptische, zu 50 % parabolische und zu 10 % hyperbolische Bahnformen. Es konnte allerdings gezeigt werden, daß viele hyperbolische Bahnen durch Störungen aus elliptischen Bahnen hervorgegangen sein können.

Nach der Länge der Umlaufperiode unterscheidet man langperiodische Kometen (Umlaufzeit länger als 200 Jahre) und kurzperiodische Kometen (Umlaufzeit kürzer als 200 Jahre).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über 48 kurzperiodische Kometen mit den zu erwartenden Daten ihrer nächsten Periheldurchgänge. Um diese Daten werden sie wieder zu beobachten sein.

Tabelle

Nr.	Name	Umlauf- periode in Jahren	Perihel- abstand in Einheiten	Datum des nächsten Perihel- durchganges
1	Pons - Winnecke	6,30	1,23	Juli 1970
2	Kopf	6,32	1,52	September 1970
3	Whipple	7,46	2,47	Oktober 1970
4	Väisälä	10,46	1,74	November 1970
5	Gale	10,81	1,15	November 1970
6	Enke	3,30	0,34	Januar 1971
7	Neujmin 2	5,47	1,31	Januar 1971
8	Arend - Rigaux	6,81	1,44	Februar 1971
9	Ashbrook - Jacksen	7,49	2,31	März 1971
10	Daniel	7,09	1,66	Mai 1971
11	Wolf - Harrington	6,54	1,61	August 1971
12	Holmes	7,05	2,16	Januar 1972
13	Gripp - Skjellerup	5,12	1,00	März 1972
14	Neujmin 3	10,57	0,86	Juni 1972
15	Tempel 1	5,50	1,50	Juli 1972
16	Giacobini	6,41	0,93	August 1972
17	Tempel 2	5,26	1,37	November 1972
18	Brorsen	5,47	0,53	Februar 1973
19	Die Vico - Swift	7,53	2,26	März 1973
20	Rainmuth 1	7,60	1,98	März 1973
21	Tuttle - Giacobini - Kresak	5,56	1,15	Mai 1973
22	Schwassmann - Wachmann 1	16,10	5,54	Juni 1973
23	Brooks	6,72	1,76	November 1973
24	Harrington	6,82	1,59	Februar 1974
25	Honda - Mrkos - Paidusakowa	5,21	0,56	März 1974
26	Forbes	6,42	1,54	Mai 1974
27	Rainmuth 2	6,74	1,94	Mai 1974
28	Finlay	6,91	1,08	Juni 1974
29	Borrelly	7,00	1,45	Juni 1974
30	Wirtanen	6,65	1,61	August 1974
31	Schwassmann - Wachmann 2	6,52	2,15	September 1974
32	Arend	7,76	1,82	März 1975
33	Perrine - Mrkos	6,72	1,27	Juli 1975
34	Westphal	61,73	1,25	August 1975
35	Wolf 1	8,43	2,51	Februar 1976
36	Schaumasse	8,20	1,20	September 1976
37	Faye	7,40	1,62	Oktober 1977
38	Comas Sola	8,59	1,78	Mai 1978
39	Tuttle	13,76	1,02	Januar 1981
40	Stephan - Osterna	38,96	1,60	Dezember 1981
41	Crommelin	27,87	0,74	September 1984
42	Neujmin 1	17,93	1,54	November 1984
43	Halley	76,03	0,59	Februar 1986
44	Brorsen - Metcalf	69,06	0,48	November 1988
45	Pons - Brooks	70,86	0,77	März 2025
46	Olbers	69,57	1,18	Januar 2026
47	Grigg - Melish	164,32	0,92	Juli 2072
48	Herschel - Rigollet	156,04	0,75	August 2085

Die Daten wurden dem „Astronomischen Kalender“ der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften für 1970 entnommen. Sm.

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

Sterilisationsprobleme beim Weltraumflug

HANS-K. REMANE

1. Notwendigkeit der Sterilisation

Im Prinzip geht es bei diesem Problem um die Vermeidung von jeglichem Export und Import von Organismen.

1.1. Export von Mikroorganismen

Landet ein nichtsterilisierter Raumflugkörper auf einem Planeten, so wird er allmählich zerstört. Durch diesen Prozeß gelangen irdische Mikroorganismen auf den Planeten und in seine Atmosphäre. Die Wirkung dieser Mikroben kann nun verschiedene Ausmaße annehmen. Sie vermehren sich und verdrängen so die Mikroflora des Planeten oder werden durch die vorhandene Planetenflora verdrängt. Es ist aber auch möglich, daß terrestrische Organismen und planetarische Organismen gleichzeitig nebeneinander existieren.

Nicht nur die für eine Landung vorgesehenen Raumflugkörper werden sterilisiert, sondern auch die Sonden, die den entsprechenden Planeten in einer Umlaufbahn umkreisen; wobei die Möglichkeit nicht ausgeschlossen wird, daß die Sonden ihre Bahn verändern, also vom Kurs abkommen und auf dem Planeten zerschellen.

Wird also ein Nachbarplanet durch irdische Mikroben verseucht, läßt sich schwerlich bei künftigen lokalen biologischen Forschungen das Problem des Nachweises außerirdischen Lebens lösen.

1.2. Import von Mikroorganismen

Das Einschleppen außerirdischer Organismen zur Erde birgt ebenfalls Gefahren in sich. Fänden eingeschleppte Bakterien auf der Erde günstigen Nährboden, so besteht die Möglichkeit, daß sie innerhalb kürzester Frist die gesamte Erde überfluten und im Extremfall Epidemien undefinierbarer Art hervorrufen, gegen die der menschliche Organismus nicht genügend immun ist. Wissenschaftler der Nationalakademie der USA warnten beispielsweise vor einer derartigen Gefahr in Zusammenhang mit der Vorbereitung der Apollo-11-Mission.

1.3. Arten der Verunreinigungen bei Export und Import

Im allgemeinen können zwei Arten der Verunreinigungen auftreten:

1.3.1. Pollution

Bei der Pollution handelt es sich – genau gesagt – um einen ungewollten Samenerguß. Dieser ist vorhanden, wenn Mikroorganismen in einer solchen Menge auftreten, daß sich zwar biologische Auswirkungen zeigen, aber keine weitere Fortpflanzung stattfindet.

Diese Art der Übertragung könnte für Mond, Mars und Venus zu erwarten sein. Ergänzend sei hinzugefügt, daß in der Literatur wiederholt Beispiele aufgeführt werden, aus denen hervorgeht, daß die Eingeweide eines irdischen Säugetieres pro kg ungefähr tausend Milliarden Mikroorganismen enthalten. Eine Mondsonde, die mit einem irdischen Lebewesen an Bord auf dem Mond zerschellt, würde demzufolge Pollutionsspuren hinterlassen. Diese Pollutionsspuren könnten eine spätere Forschung irreleiten.

1.3.2. Infektion

Im Gegensatz zur Pollution ist die Infektion durch die Vermehrung lebensfähiger Mikroorganismen gekennzeichnet. Eine derartige Fortpflanzung scheint auf dem Mond auf Grund des Fehlens von Wasser wenig wahrscheinlich. Demgegenüber treten auf dem Mars z. B. ganz andere Faktoren in Erscheinung.

Zur Erforschung des Verhaltens dieser Mikroorganismen wurde nach den derzeitigen bekannten Klimawerten des Planeten Mars im Institut für Mikrobiologie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR eine Marsklimasimulationskabine gebaut. Korrekturen der bei diesen Experimenten erhaltenen Ergebnisse durch erste automatische Stationen, die evtl. auf der Marsoberfläche landen, sind natürlich möglich.

2. Durchführung der Sterilisation

Alle bisher seitens der Sowjetunion und den USA gestarteten Planeten- und Mondsonden wurden auf der Erde biologisch sterilisiert. Zur Sterilisierung der Sonden verwendet man in erster Linie Chemikalien.

Der Zusammenbau der Sonden erfolgt in großen Spezialkammern. Innerhalb dieser Sterilisierungskammern wird eine kontrollierte Atmosphäre aufrecht erhalten. Die Kammern werden mit klimatisierter Luft, die unter Druck steht und gefiltert ist, versorgt. Somit soll es allein schon möglich sein, 99,97 % der Mikroorganismen zu vernichten.

Die Sterilisierung der Bauelemente wird im Autoklav durchgeführt. Mikroorganismen können innerhalb von 20 Minuten in einem Druckkessel (Autoklav) bei einer Temperatur von +160 °C vernichtet werden. 20 % der Bauelemente einer Sonde würden aber den Aufenthalt im Autoklav nicht ohne Schäden überstehen.

Elektronische und andere Bauelemente oder Geräte, z. B. solche, die Papier enthalten, werden mittels Strahlung sterilisiert. Der Zusammenbau sterilisierter Bauelemente erfolgt ebenfalls steril, und nach dem Zusammenbau von Bauelementen zu Baugruppen erfolgt eine nochmalige Sterilisierung.

Nach dem Zusammenbau werden die Sonden einer Trockenhitze von 160 – 200 °C ausgesetzt. Anschließend wird die Sonde in eine Metallhülle eingeschlossen und einem desinfizierenden Gasgemisch von 60 % Äthylenoxid und 40 % Methylbromid unter einer relativen Luftfeuchte von 90 % ausgesetzt.

Die Dauer dieses Vorganges richtet sich nach der Beschaffenheit des Materials und beträgt dementsprechend 2 – 48 Stunden. Das erwähnte Gasgemisch dringt bis zu

einer Tiefe von 1 cm ein und bewirkt bezüglich Materialfestigkeit und elektrischer Ausrüstung keine nachteiligen Folgen.

Planetensonden und Mondflugkörper werden also außen und innen sterilisiert. Innen deshalb, weil sie beim Eintritt in die Atmosphäre eines Planeten eventuell den herrschenden Druckverhältnissen nicht gewachsen sind und zerdrückt werden. So haben z. B. die Venussonden 5 und 6, wie die Akademie der Wissenschaften der UdSSR im Juni 1969 bekanntgab, die Venusoberfläche aller Wahrscheinlichkeit nach nicht erreicht. Der Grund lag in der nicht ausreichenden Auslegung der Kapseln auf Druckfestigkeit, die sich nur auf 27 atm belief.

Unter Zusammenwirkung von Gas, Hitze und Strahlung ist es möglich, 95 % der Nutzlast zu sterilisieren. Bei den eingesetzten Chemikalien handelt es sich um gasförmige Gemische aus Wasserstoffsuperoxid, Äthylenoxid, Kohlendioxid, Freon und Methylbromid. Äthylenoxid ist der einfachste Äther, der unter normalen Umständen bei Berührung mit Luft einen Explosionsstoff darstellt. Äthylenoxid verfügt aber über eine hohe bakterizide Wirkung gegenüber Sporen und Viren. Eine absolute Vernichtung von Bakterien u. a. wird aber nie erreicht.

Zur Außensterilisation muß deshalb noch gesagt werden, daß diese dreimal erfolgt. Einmal auf der Erde nach dem beschriebenen Verfahren, das zweite Mal während des mehrmonatigen Fluges zum entsprechenden Zielplaneten. Die Außenteile dieser Sonden sind während des Fluges dem Vakuum, der starken Ultraviolett- und Röntgenstrahlung der Sonne und dem auftretenden kosmischen Staub ausgesetzt. Befinden sich irdische Mikroorganismen an der Außenwand, so können sie bei diesen Extrembedingungen getötet werden. Es sind jedoch auch Bakterien bekannt, die unter diesen Bedingungen nicht zugrunde gehen. Die dritte Sterilisation wird durchgeführt, wenn die Planetensonde in die Atmosphäre eines Planeten eindringt. Die beim Eintritt in die Atmosphäre auftretenden Oberflächentemperaturen an der Außenwand dürften Mikroorganismen kaum überleben.

3. Biologische Sterilisation der Mondfahrer und des Mondfluggerätes

Als Beispiel soll auf die Apollo-11-Mission eingegangen werden. Bei diesem Unternehmen erhielten die Astronauten nach der Wasserlandung durch einen vom Bergungshubschrauber abgesetzten Froschmann Isolierkleidung. Der Froschmann selbst trug einen derartigen Isolierzug und atmete nur gefilterte Luft, um die Möglichkeit eines Kontaktes mit evtl. Mondbakterien auszuschließen.

Die Isolierkleidung umschloß den Körper der Astronauten völlig. Spezialfilter unterhalb des Visiers sollten verhindern, daß ausgeatmete Gase und darin etwaige enthaltene Giftstoffe an die Umgebung abgegeben würden. Erst nach Betreten des auf dem Hubschrauberträger bereitstehenden Isolierwagens wurde die Isolierkleidung abgelegt und durch eine chemische Lösung sterilisiert. Die Astronauten selbst blieben, wegen der Gefahr, daß sie unbekannte Krankheitskeime vom Mond einschleppen könnten, fast 21 Tage in der Isolierstation. Erst nachdem sicher festgestellt werden konnte, daß der Mondaufenthalt zu keiner Infektion durch mögliche Mondbakterien führte, durfte diese Station verlassen werden. Schon während des Rückfluges zur Erde wurde die Atmosphäre der Kommandokapsel ständig gefiltert, und nach 3-tägiger kontinuierlicher Umwälzung und Filtrierung der Luft konnten praktisch keine Substanzen in der Kapsel nachgewiesen werden. Schlauchboot und Kapsel wurden nach der Wasserung ebenfalls mit einer Art desinfizierender Lösung abgewaschen. Die während des Fluges und des Mondaufenthaltes belichteten Filme wurden mit in die Quarantäne genommen und sterilisiert.

In Houston kamen später 6 Filmtechniker bei Entnahme und Öffnung einer Filmkassette mit Mondmaterie in Berührung, die auf der Kassettenoberfläche bemerkt wurde. Sie mußten sofort ihre Kleidung ablegen, wurden untersucht und mußten unter Aufsicht duschen.

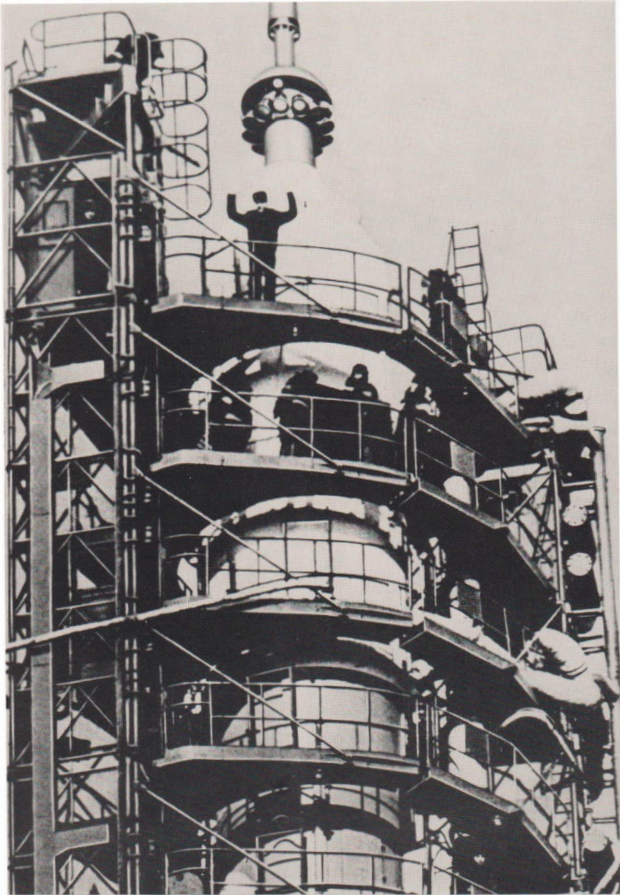
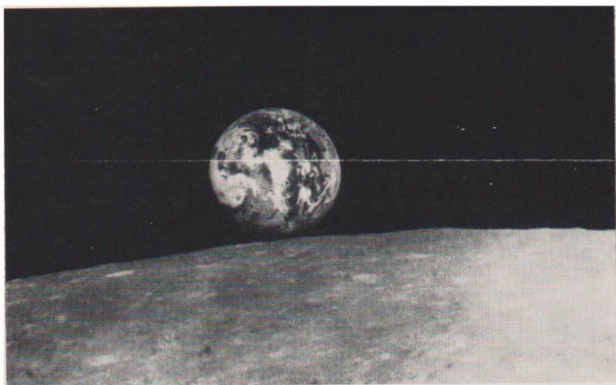


Abb. 1:
Die Dimensionen des Raumschifftyps Sojus werden auf dieser Aufnahme deutlich.



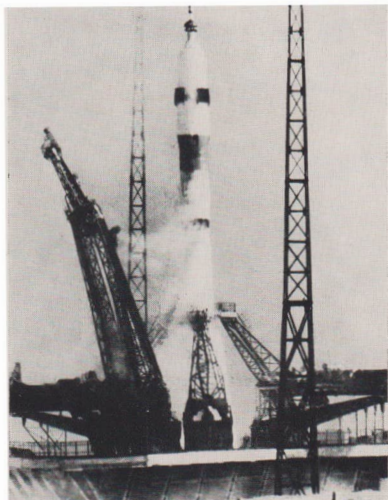


Abb. 2, links oben:

Die Erde über dem Horizont des Mondes, von Sonde 7 farbig aufgenommen. Der Abstand von der Mondoberfläche bei dieser am 11. August 1969 gewonnenen Aufnahme betrug rund 2000 km.

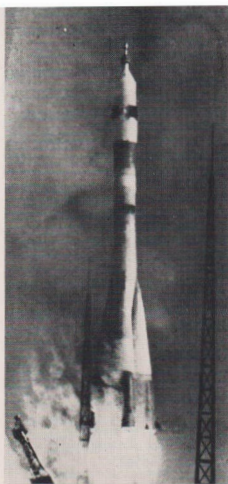


Abb. 3, links unten:

Eine Sojus-Trägerrakete auf dem Wege zur Startplattform. Die flachen Kästen ähnelnden Ansätze an der Außenhaut der aerodynamischen Verkleidung des Sojus-Raumschiffes sind aufklappbare Leitflächen für den Fall, daß das Raumschiff während der Aufstiegsphase durch die Rettungsrakete (hier noch in einer Schutzverkleidung) von der Trägerrakete getrennt werden muß.

Abb. 4, oben:

Eine Sojus-Trägerrakete kurz vor dem Abheben.

Abb. 5, rechts oben und unten:

Zwei Phasen vom Start einer Sojus-Trägerrakete.

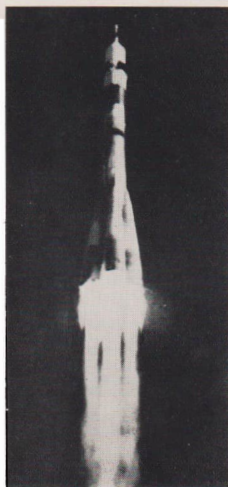


Abb. 6, rechts:
Der aktive Kopplungs-
partner eines Raum-
schiffes vom Typ Sojus.

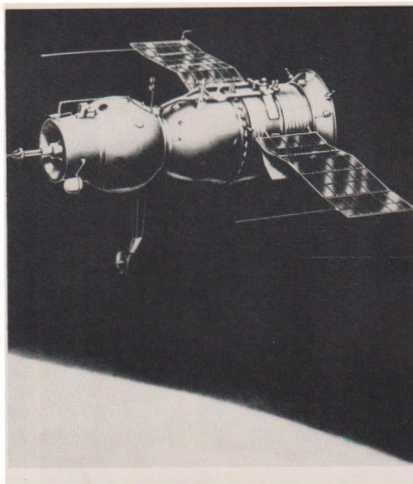
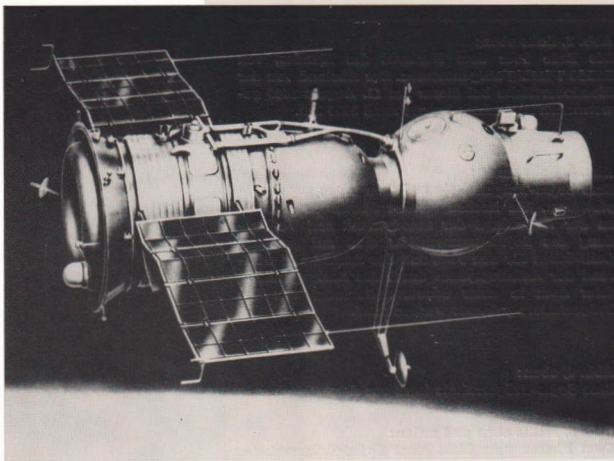


Abb. 7, unten:
Der passive Kopplungs-
partner der Raumschiffe
vom Typ Sojus.



4. Sterilisation und Erstaufbereitung mitgebrachter Materialien

Wichtigstes wissenschaftliches Ziel der Apollo-11-Mission war das Überbringen von Mondgesteinsproben zur Erde. Armstrong sammelte auf dem Mond zunächst in seiner Hosentasche ein Pfund Mondgestein in 2–3 m Entfernung von der Landestelle als Notfallreserve, falls der Mondaufenthalt durch einen unvorhergesehenen Notfall abgebrochen werden müßte. Danach sammelte er mit Aldrin in einem Umkreis von 20–30 m weiteres Mondmaterial, Steine, Sand und Bohrproben aus 12,7 cm Tiefe. Zur Aufnahme der Proben diente eine kastenförmige Schaufel und eine Greifzange. Sämtliche Proben wurden zunächst in 15 Plastikbeuteln geborgen und später in zwei vakuumdichten Koffern mit 48 x 28 x 17 cm Größe verstaut. Der Kofferrinnenraum wurde noch auf der Erde sterilisiert.

Nach der Landung gingen diese Koffer ebenfalls in Quarantäne. Im Inneren einer Isolierkammer wurden die Koffer mit den Mondmaterialproben mit Säure besprüht und anschließend mit Stickstoffgas getrocknet. Der Sinn dieser Arbeit bestand darin, eine Verseuchung der Mondmaterie mit irdischen Organismen auszuschließen. Anschließend kamen die beiden Koffer in die unter Vakuum gehaltene Hauptkammer. Dort wurden sie geöffnet, und die biologischen Tests konnten beginnen. Für die Laboranten waren die Mondproben nur durch Handschuhschleuse und Greifgeräte zugänglich.

Es galt zunächst zu klären, ob mit dem Gestein Bakterien vom Mond in unsere Irdische Biosphäre mitgebracht wurden oder ob die Gesteinsproben völlig frei von außerirdischen Mikroorganismen sind. Die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von Lebenskeimen auf dem Erdtrabant wird zwar äußerst gering eingeschätzt, aber nicht als absolut sicher ausgeschlossen. Die relativ großen Temperaturschwankungen auf dem Mond sagen den bisher bekannten Bakterienspuren nicht zu. Das zur Aufrechterhaltung eines Lebens von Proteinsystemen notwendige Wasser und auch der Sauerstoff fehlen. Eiweißsysteme scheiden aus diesem Grunde aus. Viren dagegen sind im kristallinen Zustand oder in Form trockenen Pulvers lange Zeit unter derartigen Bedingungen existent.

Bisher sind aber noch keine Nukleinsäuresysteme, die ja das einzige bekannte Prinzip der Informationsspeicherung lebender Strukturen darstellen, bekannt, die sich außerhalb lebender Zellen vermehren können. Selbst unter der Annahme, daß der Mond früher einmal eine Atmosphäre besaß und sich irgendwo Nukleinsäuren gebildet haben, die noch in Spuren vorhanden sind, besteht kaum eine Möglichkeit, daß derartige Partikel oder Moleküle unter irdischen Verhältnissen in einem lebenden Organismus oder mit ihm zusammen ein funktionierendes System bilden könnten.

Die seit langer Zeit fehlenden Vermehrungsprozesse schalten jede Anpassung aus. Eine Virusvermehrung ist nur möglich, wenn die genetische Information des Virus und die Enzymausrüstung der infizierten Zellen aufeinander abgestimmt sind. Selbst bei einem durch ionisierte Strahlung oder andere chemische Reaktionen hervorgerufenem Umbau von Nukleinsäuremolekülen müßte jede Anpassung an ein lebendes System wegen fehlender Auslese fortfallen.

Die bis zum 11. August 1969 festgelegte Quarantänezeit sollte trotz dieser bisherigen Erkenntnisse einen absolut sicheren Aufschluß über das Vorhandensein von Mikroben im Mondmaterial geben. Bei dieser Mikrobensuche wurden verschiedene Tiere mit dem Mondmaterial in Kontakt gebracht.

1200 keimfreie Mäuse, die in einer hermetisch abgeschlossenen Kammer mittels Kaiserschnitt zur Welt gebracht wurden, sind den Bodenproben vom Mond ausgesetzt worden. Vögel wurden zusammen mit anderen, normalerweise schnell reagierenden Lebewesen mit der Mondmaterie in Berührung gebracht, indem sie eine zeitlang auf dem Mondgestein leben mußten, um dadurch feststellen zu können, ob sie irgendwelche Veränderungen zeigen. Gefüttert wurden diese Versuchstiere

mit sterilen Handschuhen. Ebenso wurde das Futter keimfrei gehalten. Durch diese beschriebenen Bedingungen konnten sich im Organismus dieser Tiere keine Abwehrstoffe gegen Bakterien bilden, und die Reaktion auf ihren Organismus eindringender Mikroben würde sehr empfindlich sein. Um eine Reaktion direkt zu provozieren, wurde beispielsweise den Mäusen feingemahlene Mondmaterie ins Futter und ins Wasser gemischt und unter die Haut injiziert.

Weiterhin wurden in hermetisch abgeschlossenen Aquarien Fische, Austern und Krabben mit Mondstaub und feingemahlenem Mondgestein berieselt, und Schaben, Stubenfliegen, Schmetterlinge sowie Würmer wurden ebenfalls in Kontakt mit dem Mondgestein gebracht.

Eine weitere Variante könnte darin bestehen, daß das Mondgestein mit Bakterien der Astronauten behaftet sein könnte. Zu diesem Zweck wurde die Apollo-Mannschaft vor dem Start der Mission einer speziellen Untersuchung unterzogen, bei der die Bakterienflora der Hautoberfläche der Astronauten registriert wurde, um so später eine Unterscheidung zwischen evtl. auftretenden Organismen, vom Astronauten oder Mond, zu ermöglichen.

Außer den Tierversuchen wurden noch Pflanzentests unternommen. Dabei wurde das Wachstum von 20 verschiedenen Pflanzensorten auf den Mondproben von einer Forschergruppe der Universität in Indiana im NASA-Mondforschungslaboratorium in Houston untersucht. Es gilt festzustellen, ob der Samen von wirtschaftlich wichtigen Pflanzen wie Tomaten, Kartoffeln und Mais auf der Mondsubstanz aufgeht, vorzeitig welkt oder ob die Pflanzen eingehen. Im ersten Stadium dieser Versuchsreihe wurde eine Elektronensonde eingesetzt, um festzustellen, ob die Sämlinge Substanzen von der Mondmaterie aufnehmen oder mittels ihrer eigenen Nährstoffe wachsen. Im weiteren Stadium der Versuchsreihe werden von diesen Pflanzen Strukturanalysen angefertigt. Wenn noch mehr Mondmaterial zur Erde überführt ist, soll untersucht werden, ob diese auf dem Mondgestein gewachsenen Pflanzen z. B. Protein der terrestrischen Art und Weise synthetisieren und ob z. B. die Nukleinsäuren mit denen der Erde übereinstimmen.

Auch Proben des Meerwassers aus dem Pazifik, von der Landungsstelle der Apollo-11-Kapsel, wurden auf Keime lunarer Herkunft untersucht.

5. Rechtsvorschriften zur Sterilisierung von Raumflugkörpern

Alle bisher seitens der Sowjetunion und der USA gestarteten Planeten- und Mondsonden wurden auf der Erde biologisch sterilisiert. International gültige Vorschriften zur Sterilisierung von Raumflugkörpern und anderen Raumfluggeräten gibt es zur Zeit noch nicht. Der Technische Unterausschuß der UNO-Weltraumkommission und andere Gremien befassen sich gegenwärtig mit dieser Problematik.

Eine Kербlockkartei als Datenspeicher „Raumflugkörper“

HANS SWART

Im Laufe des Jahres 1969 überschritt die Zahl der insgesamt gestarteten Raumflugkörper die Tausender-Grenze. Selbst für diejenigen, die die Raumfahrtentwicklung kontinuierlich und mit dem größten Interesse verfolgen, ist die vollständige Übersicht längst verlorengegangen. Auch solche hervorragenden Zusammenstellungen wie das „Typenbuch der Raumflugkörper“ von H. Pfafe und P. Stache können infolge ihrer naturgemäß nur zweidimensionalen Darstellung und vorwiegend

chronologischen Ordnung nicht alle interessierenden Fragen sofort beantworten. Häufig mag deshalb der Wunsch nach einem vieldimensionalen, ständig auf dem neuesten Stand zu haltenden Datenspeicher auftauchen. Der folgende Vorschlag beinhaltet den Aufbau eines privaten Datenspeichers „Raumflugkörper“. Er eignet sich auch besonders für astronautische Arbeitsgemeinschaften in Schulen und Pionierhäusern.

1. Allgemeines über Kerkbarten

Grundlage des beschriebenen Speichers ist eine Kerkblochkartei. Kerkblochkarten vereinigen in sich die Vorteile aller Handlochkarten hinsichtlich der vieldimensionalen Speichermöglichkeit für Daten, einfache und schnelle Handhabung sowie relativ niedrige Kosten. Als einfachste, dem vorliegenden Zweck aber völlig genügende Ausrüstung benötigen wir

Kerkblochkarten K 5 mit Standardaufdruck (ca. 7 M pro 100 St.)

1 Kerkblochzange (21,20 M)

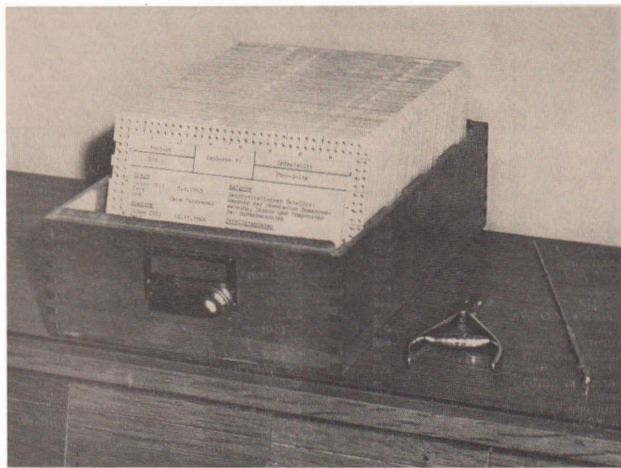
1 Selektionsnadel (ca. 3 M)

1 Karteikasten

Die genannten Artikel (Abb. 1, unten) sind in den Zweigstellen des VEB Kombinat Robotron erhältlich.

Zur Einführung in die Handhabung von Kerkblochkarten sei auf Claus (1) verwiesen. Im vorliegenden Fall werden die einzelnen Begriffe entweder direkt oder nach dem 1-2-4-7-Schlüssel kodiert.

Der dekadische 1-2-4-7-Schlüssel ist der Standardschlüssel der zweizeiligen Kerkblochkarte. In einem Lochfeld mit vier Lochpaaren (LP) können zehn Begriffe oder Zahlen eingespeichert werden. Die Begriffszahlen 1, 2, 4 und 7 werden durch Tief-



kerben des Lochpaares gleicher Nummer dargestellt, die übrigen Begriffszahlen durch additives Flachkerben der beiden Lochpaare, deren addierte Lochpaarnummern der Begriffszahl entsprechen.

Begriffs-Zahl 1 = LP 1	tief	Begriffs-Zahl 6 = LP 2+4	flach
" 2 = LP 2	tief	" 7 = LP 7	tief
" 3 = LP 1+2	flach	" 8 = LP 1+7	flach
" 4 = LP 4	tief	" 9 = LP 2+7	flach
" 5 = LP 1+4	flach	" 0 = LP 4+7	flach

2. Beschreibung des Datenspeichers „Raumflugkörper“

Jedem Flugkörper wird eine Kerbkarte zugeordnet (Abb. 2, S. 120). Im Kopf der Karte werden angegeben:

Astronomische Bezeichnung	Bezeichnung des Flugkörpers	Art des Flugkörpers
Startender Staat bzw. internationale Organisation		Trägerrakete

Die restliche freie Fläche der Vorder- und Rückseite kann mit Daten über Start, Landung bzw. Absturz, Bahn, Aufgaben, Beschaffenheit, Ausrüstung, Flugverlauf und Ergebnisse des Flugkörpers beschrieben werden.

In den Lochfeldern werden folgende Angaben verschlüsselt:

- | | |
|--|--|
| 1. Bezeichnung des Flugkörpers
(Name und Nummer) | 9. Größe des Raumflugkörpers |
| 2. Startender Staat bzw. internationale Organisation | 10. Bordenergieerzeugung |
| 3. Startjahr | 11. Antriebssysteme |
| 4. Trägerrakete | 12. Besatzungsgröße bei bemannten Flugkörpern |
| 5. Art des Raumflugkörpers | 13. Lebensdauer beendet / nicht beendet |
| 6. Astronautisches Zielobjekt | 14. Erfolg / Mißerfolg |
| 7. Art der tatsächlichen Mission | 15. Astronautische Erstleistungen |
| 8. Masse des Raumflugkörpers | 16. Weitere Daten
nach eigenem Ermessen des Nutzers |

3. Schlüssellisten

3.1. Bezeichnung des Flugkörpers

AGENA-Zielsatellit	000	DODGE	016
Alouette	001	Early Bird	017
ANNA	002	Echo	018
Anonymus	003	EGRS	019
Apollo-Saturn	004	Elektron	020
Ariel	005	ERS	021
Asterix	006	ESRO	022
ATDA s. AGENA	—	ESSA	023
ATS	007	Explorer	024
Aurora (USA)	008	FR	025
Aurora s. ESRO	—	GATV s. AGENA	—
Biosat	009	Gemini-Titan	026
Boreas s. ESRO	—	GGSE	027
Centaur	010	GGTS	028
Courier	011	GREB s. SR	—
DATS	012	HEOS	029
Diadem	013	IDCSR	030
Diapason	014	IMP s. Explorer	—
Discoverer	015	Injun	031

Intelsat	032	RAE s. Explorer	—
Interkosmos	033	Ranger	067
Iris s. ESRO	—	Raumschiff, unbenannt (SU)	068
Isis	034	Relay	069
Kosmos	035	REP	070
LAIMP s. Explorer	—	SAMOS	071
LC	036	San Marco	072
LEM s. LM	—	Saturn-Apollo	073
LES	037	Score	074
LM	038	SEGOR s. EGRS	—
Lofti	039	SNAPSHOT	075
Luna	040	Sojus	076
Lunik s. Luna	—	SOLARAD s. SR	—
Lunar Orbiter	041	Sonde	077
Mariner	042	SPARTA s. WRESAT	—
Mars	043	Sputnik	078
Mercury-Atlas	044	SR	079
Mercury-Redstone	045	Starflash	080
Meteor	046	SURCAL	081
MIDAS	047	Surveyor	082
MOL	048	Syncom	083
Molnija 1	049	TACCOMSAT	084
NAFI	050	TCS	085
NATO	051	Telstar	086
Nimbus	052	TIROS	087
OAQ	053	TRAAC	088
OGO	054	Trägersatellit (SU)	089
ORS	055	Transit	090
Oscar	056	Transtage	091
OSO	057	TRS	092
OV 1	058	TSCP	093
OV 2	059	TTS	094
OV 4	060	unbekannte Satelliten	095
OV 5 s. ERS	—	Vanguard	096
PAGEOS	061	VELA HOTEL	097
Pegasus	062	Venus	098
Pioneer	063	West Ford	099
Poljot	064	Wostok	100
Proton	065	Wostok	101
RADOSE	066	WRESAT	102

Die Hunderter werden in den Lochpaaren P 4 und P 7 wie folgt gespeichert:

0	P 4+7	flach
1	P 4	tief
2	P 7	tief

Die Zehner und Einer werden in den Lochfeldern Q und R nach dem 1-2-4-7-Schlüssel gespeichert (nur Zehner und Einer). Buchstaben werden ihrer Stellung im Alphabet entsprechend in eine Zahl verwandelt.

3.2. Startender Staat

bzw. internationale Organisation

Interkosmos	00	Frankreich	05	Italien	10
UdSSR	01	BRD	06	Intelsat, Comsat	11
USA	02	Australien	07	Volksrepublik China	12
ESRO	03	Japan	08		
Großbritannien	04	Kanada	09		

Die Zahlen werden in den Lochfeldern X und Y nach dem 1-2-4-7-Schlüssel gespeichert.

3.3. Startjahr

Zehner und Einer des Startjahres werden in den Lochfeldern U und V nach dem 1-2-4-7-Schlüssel gespeichert.

3.4. Trägerraketen

Französische Trägerraketen

(N 1 tief)

Diamant A 10

Japanische Trägerraketen

(N 2 tief)

My-4 S 20

Sowjetische Trägerraketen

(N 4 tief)

Wostok 40

Chinesische Trägerraketen

(N 2+4 flach)

USA-Trägerraketen

Atlas	00
Atlas-Able	01
Atlas-Agena A	02
Atlas-Agena B/D	03
Atlas-Burner 2	04
Atlas-Centaur	05
Atlas-Mercury	06
Juno 1 (Jupiter C)	07
Juno 2	08
Saturn 1	09
Saturn 1B	70
Saturn 5	71
Scout	72
TA-Improved-Thor-Delta	73

TA-Thor-Delta (TAD)	74
TA-Thor-Agena D	75
Thor-Able	76
Thor-Able-Star (-Epsilon)	77
Thorad-Agena D	78
Thor-Agena A	79
Thor-Agena B/D	80
Thor-Altair	81
Thor-Burner 2	82
Thor-Delta	83
Titan 2	84
Titan 3A	85
Titan-3B-Agena D	86
Titan 3C	87
Vanguard	88

Einspeicherung erfolgt in den Lochfeldern N und O nach dem 1-2-4-7-Schlüssel. Durch Nadelung von 7 flach im Lochfeld N können alle amerikanischen Träger- raketen recherchiert werden.

1963-09		Explorer 17		Erdsatellit	
USA				Thor-Delta	
<u>Start</u>			<u>Aufgabe</u>		
Datum (WZ)	3.4.1963		Geophysikalischer Satellit:		
Zeit			Messung der chemischen Zusammen-		
Ort	Cape Canaveral		setzung, Dichte und Temperatur		
			der Hochatmosphäre		
<u>Absturz</u>			<u>Satellitendaten</u>		
Datum (WZ)	24.11.1966		Form	kugelförmig	
Zeit			Durchmesser	0,89 m	
Lebensdauer			Masse	184 kg	
aktiv			Energieversorgung	Ag-Zn-Batterien	
passiv	3,64 a		rotationsstabilisiert durch 1,5		
<u>Bahn</u>			Umdrehungen/min		
Umlaufzeit	96,4 min		als Orientierungssystem je ein		
Perigäum	256 km		Erde-, Mond- und Sonnensensor.		
Apogäum	917 km		Ausüstung: 2 Massenspektrometer,		
Inklination	57,63 Grad		4 Manometer, 2 Temperatursensoren,		
			kein Meßwertpeicher		
nach: Böhndorff, H., Organisations- und Leitfaden			Ag 50-84/004 DE 01-10-66 507		

3.5. Art des Raumflugkörpers

Ballistische Flugkörper	G 1 flach	Nachrichtensatelliten	D 7 tief
Instrumentierte Erdsatelliten		Erderkundungssatelliten	F 7 flach
Geophysikalische Satelliten	D 1 tief	Biologische Satelliten	F 4 flach
Astrophysikalische Satelliten	D 2 tief	Technologische Satelliten	F 2 flach
Astronomische Satelliten	E 4 flach	Militärische Satelliten	E 1 tief
Meteorologische Satelliten	D 4 tief	Geodätische Satelliten	E 7 flach
Navigationssatelliten	G 7 tief		
Unbemannte Raumfluggeräte		Bemannte Orbitalsysteme	
Mondfluggeräte	E 2 tief	Kapseln für ballistischen oder	
Mondlandegeräte	G 4 tief	aerodynamischen Wiedereintritt	F 7 tief
Planetare Fluggeräte	E 4 tief	Raumlaboratorien	
Planetare Landegeräte	E 1 flach	(Betriebsdauer 6 Monate)	G 1 tief
Interplanetare Raumfluggeräte	E 7 tief	Raumstationen	
Solare Raumfluggeräte	F 1 flach	(Betriebsdauer 6 Monate)	G 2 tief
Raumfahrzeuge		Raumtaxi, Werkzeugträger u. a.	D 1 flach
Trägersatelliten (Verlustgeräte)	F 1 tief	Mond-Start- und Landefahrzeuge	F 4 tief
Raumtransporter (wieder- verwendbar)	E 2 flach	Planetare Start- und Landefahrzeuge	D 4 flach
Erde-Mond-Fahrzeuge	F 2 tief	Spezial- und sonstige Raumfahrzeuge	D 2 flach
Interplanetare Raumfahrzeuge	D 7 flach		

3.6. Astronautisches Zielobjekt (geplant)

Mond	B 4 tief	Uranus	A 2 flach
Sonne	A 4 tief	Neptun	A 7 flach
Merkur	A 7 tief	Pluto	A 4 flach
Venus	B 7 tief	Planetenmonde	A 1 flach
Mars	B 1 tief	Kometen	A 1 tief
Asteroiden	A 2 tief	Interplanetarer Raum	B 7 flach
Jupiter	B 2 flach	Interstellarer Raum	B 4 flach
Saturn	B 1 flach	Fixsterne	B 2 tief

3.7. Art der tatsächlichen Mission

Erdsatellit	C 1 tief	Harte Landung (Absturz)	C 7 flach
Satellit von Planeten oder deren Monden	C 1 flach	Weiche Landung	C 2 flach
Ballistischer Flug	C 4 flach	Gesteuerte Rückkehr zur Erde	C 7 tief
Fly-by-Mission (Vorbeiflug)	C 4 tief	Künstlicher Planet (Sonnensatellit)	C 2 tief

3.8. Masse (m) des Flugkörpers in t

$m < 0,001$	M 4+7 flach	$1 \leq m < 10$	M 4 tief
$0,001 \leq m < 0,01$	M 1 tief	$10 \leq m < 100$	M 1+4 flach
$0,01 \leq m < 0,1$	M 2 tief	$100 \leq m < 1000$	M 2+4 flach
$0,1 \leq m < 1$	M 1+2 flach	$1000 \leq m$	M 7 tief

3.9. Größe (l) des Flugkörpers in m

$l < 0,1$	L 1 tief	$10 \leq l < 100$	L 1 flach
$0,1 \leq l < 1$	L 2 tief	$100 \leq l < 1000$	L 2 flach
$1 \leq l < 10$	L 4 tief	$1000 \leq l$	L 4 flach

3.10. Bordenergieerzeugung

Konventionelle chemische Batterien	K 1 tief
Brennstoffzellen	K 2 flach
Sonnenbatterien	K 2 tief
Radionuklidgeneratoren	K 4 flach
Kernreaktor mit Energiewandler	K 4 tief

3.11. Antriebssysteme (nicht für Lage- steuerung)

Feststoff- bzw. Hybrid-Triebwerke	W 2 tief
Flüssigkeitsraketenantriebe	W 4 tief
Kernenergetische Triebwerke	W 7 tief
Elektrische Triebwerke	W 2+7 flach
Sonstige Triebwerke	H 2+4 flach

3.12. Besatzungsgröße bei bemannten Flugkörpern

≤ 2 Mann W 1 flach ≥ 3 Mann W 1 tief
Durch Nadelung von W 1 flach können bemannte Flugkörper erfaßt werden.

3.13. Lebensdauer

Aktive Lebensdauer beendet P 1 flach Passive Lebensdauer beendet P 1 tief

3.14. Erfolg / Mißerfolg

Teilerfolg P 2 flach
Voller Erfolg P 2 tief
Mißerfolg keine Kerbung

3.15. Astronautische Erstleistungen

L 7 tief

3.16. Weitere Daten

können nach eigenem Ermessen des Nutzers in den noch freien Löchern G 2 flach, G 4 flach, G 7 flach und den Lochfeldern H und I gespeichert werden. Dabei ist darauf zu achten, daß sich die im gleichen Lochpaar tief und flach zu kerbenden Begriffe gegenseitig ausschließen. In den Listen nicht angeführte Raumflugkörper, Trägerraketen und Staaten werden nachgetragen, erhalten eine Begriffsnummer und werden wie angegeben gespeichert.

4. Verschlüsselung

Um die zu speichernden Begriffe (Deskriptoren) vollständig zu erfassen, empfiehlt es sich, die Schlüssellisten systematisch durchzugehen.

Beispiel: Apollo 13

Deskriptoren: Apollo-Saturn: 004, zu speichern in den Lochfeldern P (4, 7), Q und R
13: 13, zu speichern in den Lochfeldern S und T
USA: 02, zu speichern in den Lochfeldern X und Y
1970: 70, zu speichern in den Lochfeldern U und V
Saturn 5: 71, zu speichern in den Lochfeldern N und O

Erde-Mond-Fahrzeug	F 2 tief	Konventionelle chemische Batterien	K 1 tief
Mond-Start- und Landefahrzeug	F 4 tief	Brennstoffzellen	K 2 flach
Mond	B 4 tief	Flüssigkeitsstrahltriebwerke	W 4 tief
Fly-by-Mission	C 4 tief	3 Mann Besatzung	W 1 tief
Gesteuerte Rückkehr zur Erde	C 7 tief	Aktive und passive Lebensdauer	
Masse ca. 45 t	M 1+4 flach	beendet	P 1 tief
Länge ca. 18 m	L 1 flach	Teilerfolg	P 2 flach

5. Recherche

Der Datenspeicher gestattet die Beantwortung einer Vielzahl einfacher und komplexer Fragen, wie z. B.

Welche Start- und Bahndaten hat Kosmos 32?

Welche Raumflugkörper wurden mit der Atlas-Burner 2 gestartet?

Welche astronautischen Erstleistungen vollbrachte die Sowjetunion?

Hat Explorer 1 seine aktive (passive) Lebensdauer beendet?

Welche weich landenden Mondsonden waren mit Sonnenbatterien ausgerüstet?

Bei der Recherche spielen logische Aussageverbindungen eine Rolle.

Folgende Beispiele sollen das erläutern:

5.1. Konjunktion („und“-Funktion)

Frage: Welche Erdsatelliten waren mit einem Kernreaktor ausgerüstet?

Deskriptoren: Erdsatellit C 1 tief
Kernreaktor K 4 tief

Recherche: C 1 tief $\wedge$ K 4 tief

Vorgang: Man nadelt zuerst K 4 tief und danach die herausgefallenen Karten bei C 1 tief. Die jetzt ausgefallenen Karten enthalten das Ergebnis.

5.2. Disjunktion („oder“-Funktion)

Frage: Welche Raumflugkörper wurden zu Mars oder Venus entsandt?

Deskriptoren: Mars B 1 tief
Venus B 7 tief

Recherche: B 1 tief $\vee$ B 7 tief

Vorgang: Man nadelt zuerst alle Karten bei B 1 tief und danach alle nicht ausgefallenen bei B 7 tief. Die Summe der jeweils ausgefallenen Karten enthält das Ergebnis.

5.3. Negation (Verneinung)

Frage: Welche Raumflugkörper anderer Staaten oder internationaler Organisationen wurden mit amerikanischen Trägerraketen gestartet?

Deskriptoren: USA-Trägerraketen N 7 flach
USA X 4+7 flach und Y 2 tief

Recherche: N 7 flach $\wedge$ X 7 flach $\wedge$ Y 2 tief

Vorgang: Man nadelt zuerst alle Karten bei N 7 flach. Die ausgefallenen Karten werden nacheinander bei Y 2 tief und X 7 flach genadelt. Die auf der Nadel verbleibenden Karten enthalten das Ergebnis.

6. Schlußbemerkungen

Der vorliegende Entwurf eines Datenspeichers „Raumflugkörper“ ist nicht als starres Schema aufzufassen. Er kann je nach den vorhandenen Interessen des Nutzers vielfältig variiert werden. Wer den nicht unbeträchtlichen zeitlichen Aufwand für den Gesamtkomplex scheut, kann sich in der Thematik auf die interessanteren Objekte, wie bemannte Raumflugkörper und Raumsonden beschränken. Die Zahl der zu speichernden Flugkörper würde in diesem Fall nur noch ca. 10 % der Gesamtzahl betragen.

Literatur

1. Claus, F., Möglichkeiten und Grenzen der Handlochkartenverfahren für das Speichern von Informationen, Zentralinstitut für Information und Dokumentation, Berlin 1967.

Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1969

KARL-HEINZ NEUMANN

Zunächst sei ein zahlenmäßiger Überblick über die Starts in diesem Jahre gegeben. Die Gesamtzahl der Einzelstarts beträgt 70. Sie liegt damit nur geringfügig unter der Zahl des Jahres 1968 (74 Starts). In den letzten drei Jahren (1967 bis 1969) blieb also ein ungefähres Gleichgewicht in der Starthäufigkeit erhalten.

Es ergibt sich für 1969 ein Durchschnitt von 5,8 Starts pro Monat. (Die Vergleichszahlen von 1967 = 5,5 und 1968 = 6,2.)

Diese Monatsdurchschnittszahlen besagen aber nicht, daß jeden Monat fast die gleiche Anzahl von Starts erfolgte. Wenn man die einzelnen Starts auf die Monate des Jahres verteilt,

findet man – statistisch gesehen – eine Häufung von Starts im Frühjahr und im Herbst. Dagegen tauchen sogenannte Sommer- und Winterlücken auf. Allerdings gab es seit 1967 keinen Monat mehr, in dem weniger als zwei sowjetische Raumflugkörperstarts erfolgten. Die Hauptanzahl bei diesen Frühjahr- und Herbsthäufungspunkten wird, wie überhaupt in der sowjetischen Raumfahrt, durch die Kosmos-Satellitenstarts gestellt. Nebenbei erwähnt sei nur, daß von der Zahl her bei der Entwicklung der amerikanischen Raumfahrt seit dem Jahre 1966 ein ständiges, recht beträchtliches Absinken zu verzeichnen ist.

Die Startzahlen besagen allerdings noch nichts über die Qualität der Raumflugunternehmungen. Betrachten wir zunächst die große Gruppe der Satelliten unter der Bezeichnung „Kosmos“. Dabei sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die Gemeinsamkeit dieser Satellitengruppe vornehmlich in der Bezeichnung begründet ist. Die Kosmos-Serie ist die bisher umfangreichste Gruppe sowjetischer Satelliten, was die Aufgabenstellung betrifft. Trotzdem sind diese in der Aufgabenstellung sehr weitgehend unterschiedlichen Satelliten dieser Serie in hohem Grade standardisiert. Das betrifft schon die Trägerraketen, die im wesentlichen aus zwei Typen bestehen, der Kosmos-Standardrakete und der Wostok- bzw. Sojus-Trägerrakete. Standardisiert sind ferner im wesentlichen die äußere Grundkonfiguration, außerdem meist der gesamte Versorgungsteil, die Funkanlage, die Energieversorgung, Bahnverfolgung usw.

Ohne es jetzt im einzelnen ausführen zu wollen, kann man bezüglich des wissenschaftlichen Programms der Kosmos-Satelliten drei Hauptaufgabengruppen unterscheiden:

1. Satelliten zur Grundlagenforschung, d. h. zur Untersuchung des erdnahen Raumes, solarerterrestrischer Beziehungen und astronomischer Beobachtungen;
2. sogenannte technologische Satelliten zur Erprobung von Systemen und Systemlösungen sowie ganzer Raumflugkörper. Auch biologisch-medizinische Untersuchungen können in diese Kategorie eingeordnet werden;
3. sogenannte Anwendungssatelliten, d. h. also Raumflugkörper, die Untersuchungen ausführen, die sich für die Praxis in Wissenschaft und Technik sowie wirtschaftlich nutzen lassen.

Im Jahre 1969 erfolgten 55 Starts von Kosmos-Satelliten (die Vergleichszahlen 1967 = 61 und 1968 = 64 Starts). Man erkennt also auch hier, daß sich die Starthäufigkeit seit drei Jahren auf einen Mittelwert eingeepegelt hat.

Für die etwas geringere Zahl im Jahre 1969 gibt es eine einfache Erklärung. Vier Starts sind Unternehmen, die früher noch in der Kosmos-Serie geführt wurden. Es sind dies die Starts der beiden Wettersatelliten, mit der 1969 neu eingeführten Bezeichnung „Meteor“ und die Starts von zwei Satelliten mit der Bezeichnung „Interkosmos“. In den vorangegangenen Jahren liefen derartige Satelliten noch unter der Bezeichnung „Kosmos“.

In unserer Abb. (3. Umschlagseite) haben wir alle Kosmos-Satellitenstarts des Jahres 1969 zusammengefaßt. Hierbei sind die von TASS angegebenen Bahnwerte als Grundlagen für die Zeichnung verwendet worden. Die jeweilige Höhe von Perigäum und Apogäum ist angegeben, der Strich im oberen Teil soll die Flughöhe grafisch verdeutlichen. Unter dem Trennquerstrich finden wir das Startdatum, die Nummer des Kosmos-Satelliten, seine Umlaufzeit und seine Bahnneigung.

In dieses Diagramm wurden allerdings nur zur Verdeutlichung noch die insgesamt fünf Sojus-Raumschiffe des Jahres 1969 mit aufgenommen. Sie machen z. B. die Rolle von Kosmos 300 als einem unbemannten Testversuch mit einem Sojus-Raumschiff an Hand der Flugbahn besonders deutlich. Ferner wurden am Schluß der Grafik die beiden Wettersatelliten Meteor 1 und 2 sowie als eine besondere Gruppe noch die beiden Satelliten Interkosmos 1 und Interkosmos 2 mit aufgenommen.

In dieser Grafik ist bewußt nicht die chronologische Reihenfolge gewählt worden. Es wurde versucht, eine gewisse systematische Einteilung zu finden. Als Ausgangsbasis für diese systematische Einteilung sind die Bahndaten der Satelliten gewählt. Ferner fanden Angaben über die Lebenszeit dieser Satelliten (in diesem Fall auch nach Veröffentlichungen vom Royal Aircraft Establishment) Verwendung.

Diese Einteilung der Satelliten nach Flugbahnwerten hat sich bisher bewährt. Es lassen sich nämlich aus den Flugbahnen immerhin gewisse Anhaltspunkte über die jeweilige Aufgabenstellung der Satelliten abschätzen. Es ist bekannt, daß in den von TASS gegebenen Meldungen keine detaillierten Angaben bezüglich der Aufgabe jedes Satelliten enthalten sind. Betrachten wir nun die einzelnen Gruppen nach unserer gewählten Einteilung. Begonnen wurde mit der zahlenmäßig stärksten Gruppe, nämlich denjenigen Satelliten, deren Bahnneigung 65 bzw. 65,1 Grad beträgt. 1969 erfolgten davon insgesamt 22 Starts.

Vergleichen wir die Flugbahnen dieser Satelliten, so finden wir eine recht gute Übereinstimmung. Das Perigäum liegt meist in der Größenordnung von 200 bis 210 km, während das Apogäum im Mittel bei 350 km liegt. Natürlich gibt es hier einige Abweichungen, das tiefste Perigäum eines derartigen Satelliten liegt bei 194 km, das höchste bei 214 km. Das tiefste Apogäum liegt bei 276 km und das höchste bei 384 km. Der Streubereich des Apogäums ist also etwas größer als der des Perigäums.

Aus der mittleren Flughöhe eines Satelliten ergibt sich bekanntlich die Umlaufzeit, die ihren niedrigsten Wert bei 89,1 Minuten und ihren höchsten bei 90,1 Minuten hat. Bei der Bahnneigung kommen nur die beiden anfangs genannten Werte vor.

Die Verteilung der Starts auf die einzelnen Monate des Jahres 1969 ist fast gleichmäßig (mit einer geringen Frühjahrsspitze).

Der größte Teil dieser Satelliten hatte eine Lebenszeit von rund 8 Tagen. Aus unseren funkttechnischen Beobachtungen sowie aus uns zugänglichen Angaben über die funkttechnischen Beobachtungen anderer Stationen läßt sich das nachweisen. Besonders gedankt sei auf diesem Wege der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ in Ellenburg, die uns äußerst reichhaltiges Beobachtungsmaterial ständig zur Verfügung gestellt hat und auch weiterhin zur Verfügung stellt. Außerdem wurde eine erste Außenstation der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ in Brehna, Kr. Bitterfeld, im Jahre 1969 wirksam. Auch von dieser, unter der Leitung von Bernd Priesemuth stehenden Station, erhielt unsere Station eine recht große Zahl an Beobachtungsprotokollen.

Bei einigen dieser Satelliten konnte deren Landung (meist nach 8 Tagen) von unserer oder den genannten Stationen direkt funkttechnisch verfolgt werden. Dabei ist folgender Ablauf zu beobachten. Bei dem Durchgang, bei dem die Bahn im aufsteigenden Teil über die kasachische Steppe führt, setzen die Funksignale aus, d. h. sie werden mitunter schwächer, tauchen nach ein- oder mehrmaligem Verschwinden für wenige Sekunden wieder auf, um schließlich ganz auszusetzen. Rund 3 Minuten später setzen sie dann recht deutlich wieder ein. Das ist jener Zeitpunkt, zu dem die Landekabine des Satelliten nach der aerodynamischen Abbremsung (die zum Ausfall der Funkverbindung führt) das Fallschirmsystem ausgeworfen hat. Die Leinen des Fallschirms dienen dann als Antennen des Bordsenders. Im Moment des Aufsetzens auf den Erdboden wird die Impulsfolge der Signale automatisch umgetastet. Man kann von diesem Zeitpunkt an die charakteristischen Suchsignale empfangen. Sie sind mitunter ein bis mehrere Stunden zu hören. Sehr wahrscheinlich wird dieser Suchsender dann von den Bergungstrupps abgeschaltet.

Als nächste Gruppe sind in unserer Grafik die sechs Satelliten mit je 51,8 Grad Bahnneigung zusammengefaßt. Auch sie hatten eine Lebenszeit von jeweils 8 Tagen. Bezüglich ihrer Landung bzw. der funkttechnischen Beobachtung ihrer Landung gilt das oben Gesagte.

Die Flugbahnen dieser 51,8 Grad-Satelliten liegen im Mittel tiefer als jene der ersten Gruppe. Die erdfürtesten Punkte erreichen bis auf eine Ausnahme nicht die 300-km-Grenze, die erdnächsten liegen zum Teil unter 200 km. Die Umlaufzeiten liegen deshalb alle nur gering über 89 Minuten.

Was die Zeiten ihres Einsatzes betrifft, so kann man – wie schon in den vergangenen Jahren – eine Häufung in den Sommer- bzw. Frühjahrsmonaten feststellen.

Als eine nächste Gruppe sind Kosmos-Satelliten zusammengefaßt, deren Bahnneigung im Bereich von 72,9 Grad (eine Ausnahme mit 70,0 Grad sowie eine mit 81,4 Grad Bahnneigung) liegt. Seit 1967 sind diese Bahnneigungen bei den kurzlebigen Kosmos-Satelliten zu verzeichnen. Diese in polnäheren Bahnen die Erde umkreisenden Satelliten haben im Mittel die gleiche Flughöhe wie die Satelliten mit 65,4 Grad Bahnneigung. Der Satellit mit der höchsten Bahnneigung erreichte in seinem Apogäum sogar den Wert von etwas über 400 km. Im allgemeinen werden diese Satelliten auch nach 8 Tagen zur Erde zurückgeführt. Bezüglich der Zeiten ihres Einsatzes (auf die Jahreszeiten bezogen) gab es in früheren Jahren und gibt es auch 1969 keine besondere Häufung.

Auch diese Satelliten konnten funkttechnisch verfolgt werden. Die Zahl der pro Tag zu beobachtenden Durchgänge der Satelliten und auch die Empfangsfeldstärke der Signale ist hier relativ gering. Das mag seine Ursache in der hohen Bahnneigung haben.

Zusammenfassend kann man zu den funkttechnischen Beobachtungen bei den genannten drei Gruppen von Kosmos-Satelliten folgendes sagen:

Bis auf ganz wenige Ausnahmen sendeten alle Satelliten auf der Frequenz von 19,995 MHz. Die Sendeantennen dieser Satelliten sind nicht ständig in Betrieb. Sie werden nur dann eingesetzt, wenn für den Empfang des Satelliten im aufsteigenden Teil seiner Flugbahn bezüglich des Territoriums der Sowjetunion günstige Bedingungen herrschen. Für die Satelliten mit Bahnneigungen von rund 65 Grad bedeutet dies, daß die Sendeanlage bei den Durchgängen, die für unser Gebiet günstig sind, meist erst beim Überfliegen des westeuropäischen Territoriums eingeschaltet wurden. Dieses Einschalten der Sendeanlage ist von Durchgang zu Durchgang und von Tag zu Tag verschieden. Sehr wahrscheinlich richten sich die sowjetischen Bodenstationen hier auch nach den jeweiligen ionosphärischen Bedingungen. Wenn ein derartiger Satellit unser Gebiet im absteigenden Teil seiner Flugbahn überfliegt, berührt er nicht mehr sowjetisches Territorium. Deshalb ist in diesem Fall die Sendeanlage ausgeschaltet. Das Ende der Hörbarkeit der Signale ist in den meisten Fällen durch die Empfangsbedingungen bestimmt.

Der letzte Durchgang, bei dem der Sender noch eingeschaltet ist, wird außerdem durch folgendes gekennzeichnet: Etwa beim Erreichen des sowjetischen Territoriums wird der Sender für knapp eine Minute abgeschaltet. Bei günstigen Empfangsbedingungen kann man noch eine

zweite derartige Schaltpause rund drei bis vier Minuten später feststellen. Das ist das sicherste Zeichen dafür, daß beim nächsten Erdumlauf dieses Kosmos-Satelliten keine Signale mehr zu empfangen sind.

Bei den Satelliten mit rund 65 Grad Bahnneigung konnten unter günstigen Empfangsbedingungen täglich bis zu sechs Durchgänge funktechnisch erfaßt werden.

Aus dem oben Gesagten wird deutlich, warum bei den Satelliten mit hoher Bahnneigung ungünstigere Empfangsbedingungen herrschen. Hier ist der Sender mitunter schon ausgeschaltet, wenn der Satellit unser Gebiet überfliegt.

Die günstigsten Empfangsbedingungen gibt es bei den Satelliten mit 51,8 Grad Bahnneigung. Hierbei erfolgen drei fast zeitförmige Durchgänge, bei denen die Sendeanlage eingeschaltet ist. Auch die schon beschriebenen Beobachtungen der Landung sind bei den Satelliten mit 51,8 Grad Bahnneigung am häufigsten. Das ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß diese meist in den späteren Vormittagsstunden und nicht sehr früh, wie bei den anderen Gruppen, erfolgen.

Zwar wurde ausgeführt, daß die Lebenszeit der Satelliten rund 8 Tage beträgt: seit 1968 allerdings konnte festgestellt werden, daß es in den genannten Gruppen von Kosmos-Satelliten auch solche gibt, die bis zu 12 Tagen die Erde umkreist haben. Des öfteren wurde hierbei auch eine Kapsel ausgestoßen, deren Lebenszeit (ob sie zurückgeführt wird ist unbekannt) meist in der Größenordnung von 16 Tage lag.

Diese allgemeinen Feststellungen über die Funkbeobachtungen basieren natürlich auch auf den von den genannten beiden Stationen uns übermittelten Informationen.

Da bei den Kosmos-Satelliten der genannten Gruppe jeweils ein Instrumentenbehälter wieder auf der Erde gelandet wird, muß man zu der Schlussfolgerung kommen, daß hier meist Messungen ausgeführt werden, bei denen es notwendig ist, die erhaltenen Werte zur Erde zurückzuführen, um sie nachträglich endgültig und sicherer, als es automatische Apparaturen können, in Boden-Laboratorien auszuwerten.

Es ist bekannt, daß bei der telemetrischen Übertragung die Genauigkeit von Meßwerten wegen der direkten Messungen und Untersuchungen absinkt. Ein Vergleich der gespeicherten und der direkt übertragenen Meßwerte ermöglicht es, Fehlerquellen zu erschließen. Zum anderen gibt es bestimmte Meßmethoden, bei denen nur die direkt gewonnenen oder aufgespeicherten Informationen einen hohen Informationswert haben.

Ein Beispiel dafür, daß zur Erde zurückgebrachte Proben sehr nützlich sein können, ist Kosmos 274. Mit diesem Satelliten wurden – wie aus einem Vortrag anläßlich der COSPAR-Tagung in Leningrad hervorgeht – Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Hochatmosphäre ausgeführt. Einmal fanden dabei Ionisationsmanometer Verwendung. Diese Meßwerte wurden zur Erde übertragen und an Bord gespeichert. Gleichzeitig sind auch in bestimmten Spezialbehältern Proben der in diesem Bereich äußerst dünnen Luft gesammelt worden. Die mit dem Landebehälter zurückgebrachten Proben und die gespeicherten Meßwerte konnten mit den telemetrisch übertragenen verglichen werden. Die Luftproben sind in Laboratorien mit verschiedensten Methoden noch genauer untersucht worden. Damit erhielten die Wissenschaftler die Möglichkeit, sehr exakte vergleichende Untersuchungen über die Genauigkeit der Methoden anzustellen. (Der am 24. 3. 1969 gestartete Kosmos 274 gehört zur ersten Gruppe der von uns beschriebenen Kosmos-Satelliten.)

Wie schon angedeutet, dürfte es keinen Zweifel daran geben, daß Kosmos 300 eine weitere unbemannte Erprobung eines Sojus-Raumschiffes darstellt. In der Grafik zeigt dies die Übereinstimmung mit den Bahnelementen. Außerdem umkreiste er unsere Erde – genau wie die folgenden drei Sojus-Raumschiffe – vier Tage lang.

Nach einer einjährigen Pause sind weitere Experimente mit Kosmos-Satelliten zu den Problemen der aerodynamisch geleitete Rückkehr ausgeführt worden. Es waren dies Kosmos 298 und 305, die jeweils die Erde nur einmal umrundet haben und dann bereits in dichtere Schichten der Erdatmosphäre eintauchten. Diese beiden Satelliten, die in unserer Darstellung als weitere Gruppe angeführt sind, haben also im wesentlichen technologische Aufgaben zu erfüllen gehabt.

Als eine Ausnahme folgt nun in der Darstellung Kosmos 291. Er hatte eine Flugbahn von 62,3 Grad. Kosmos-Satelliten mit gleichartigen Bahnneigungen sind in den vergangenen Jahren vereinzelt eingesetzt worden. Charakteristisch für diese Flugkörper war, daß sie Bahnänderungen starken Maßes ausgeführt haben. Leider sind über diesen Satelliten keine Einzelheiten bekannt geworden.

Die folgenden vier Gruppen könnte man eigentlich wiederum als eine in bestimmter Hinsicht einheitliche Klasse bezeichnen. Hier sind ausschließlich Kosmos-Satelliten vertreten, die in ihren Dimensionen und auch in ihrer Grundfiguration ähnlich sind. Es handelt sich um die sogenannten kleineren Kosmos-Satelliten, die mit der Kosmos-Standardrakete ihre Flugbahn erreichten. Die bisher geschilderten Gruppen benutzen als Trägerrakete das Wostok- bzw. Sojus-System. Bei den drei letztgenannten allerdings besteht auch das Trägersystem keine Klarheit.

Diese kleineren Kosmos-Satelliten, seit 1962 im Einsatz, hatten anfänglich eine Bahnneigung von rund 49 Grad. Erst in den letzten Jahren tauchten Vertreter dieser Klasse auf, bei denen als Standardwert der Bahnneigung 71 Grad gewählt wurde. Die Flughöhe dieser Satelliten, die, wie auch alle folgenden, nicht für die Rückführung zur Erde ausgelegt war, lag im Bereich zwischen 280 und rund 500 km. Ihre Verteilung auf die Jahreszeiten ist fast gleichmäßig. Die Lebenszeichen dieser Satelliten liegen im Mittel zwischen drei und fünf Monaten. Angaben über die aktive Lebenszeit können nicht gemacht werden, da wegen des Fehlens von Frequenzangaben keine funktentechnische Beobachtungen ausgeführt werden konnten.

Diese und die in den folgenden drei Gruppen charakterisierten Kosmos-Satelliten dürften im wesentlichen der eingangs genannten Hauptgruppe 1 bezüglich der wissenschaftlichen Aufgabenstellung zugeordnet werden. Die Verlagerung des zahlenmäßigen Schwerpunktes von 49 auf 71 Grad Bahnneigung dürfte darin zu suchen sein, daß die interessantesten physikalischen Vorgänge in der Hochatmosphäre bezüglich der solarerstrahlenden Beziehungen sich in der Nähe der Magnetpole der Erde abspielen. Neun derartige Satelliten sind 1969 eingesetzt worden.

Die Satelliten mit rund 49 Grad Bahnneigung erreichten fast alle maximale Flughöhen von mehr als 2000 km. Sie werden also der Höhengondierung physikalischer Parameter der Hochatmosphäre dienen.

Über die beiden, in der grafischen Darstellung folgenden Interkosmos-Satelliten ist bereits in der Presse in zahlreichen Beiträgen berichtet worden. Auf genaue Erläuterung der Forschungsaufgaben sowie der von den verschiedensten Ländern des sozialistischen Lagers für diese Satelliten entwickelten Meßinstrumente bzw. der Beobachtungs- und Forschungsaufgaben der Wissenschaftler dieser Länder, kann deshalb in diesem Rahmen verzichtet werden.

Kosmos 283, der mit seiner 82 Grad Bahnneigung und einer Flughöhe zwischen 210 und 1539 km Höhe ebenfalls zur Gruppe der kleineren Kosmos-Satelliten zählt, hatte ebenfalls Forschungsaufgaben bezüglich der Verhältnisse in der Hochatmosphäre zu erfüllen.

Die folgenden sechs Satelliten mit 74 Grad Bahnneigung gelangten auf kreisähnliche Umlaufbahnen. Interessant ist dabei, daß jeweils zwei davon in einem bestimmten Höhenbereich die Erde umkreisen. Diese Bereiche liegen bei 540 km, bei 760 km und 1200 km. Die gewählten Flugbahnen deuten darauf hin, daß es sich bei diesen Satelliten um Experimente für den Einsatz von Satelliten zu Navigationszwecken handelt.

Über die in der Grafik am Schluss angeführten Meteor-Satelliten ist auch in früheren Veröffentlichungen ausführlich berichtet worden, so daß in dieser Zusammenfassung auf Einzelheiten ebenfalls verzichtet werden kann.

Im April und im Juli 1969 wurden weiterhin je ein Satellit der Serie Molnija auf eine Erdumlaufbahn gebracht. Auch über diese Nachrichtensatelliten ist in unserer Zeitschrift schon mehrfach berichtet worden, so daß ein näheres Eingehen auf die Aufgabenstellungen hier nicht angebracht erscheint. Auch sie hatten – wie ihre Vorgänger – stark elliptische Umlaufbahnen erreicht. Die Umlaufzeiten betrugen rund 12 Stunden.

Besondere Höhepunkte des Jahres 1969 waren die beiden bemannten Raumflugunternehmungen mit Sojus 4 und 5 sowie mit Sojus 6, 7 und 8.

Beim ersten Unternehmen im Januar des vergangenen Jahres wurden zum erstenmal zwei bemannte Raumfahrzeuge unter aktiver Teilnahme der Besatzung zusammengeschaltet. Während zweier Erdumläufe blieben beide Raumschiffe gekoppelt. Damit war erstmalig eine Experimentalarumstation geschaffen worden. Zwei der Besatzungsmitglieder des Raumschiffes Sojus 5, Jelliselew und Chrunow, stiegen in dieser Phase in das Raumschiff Sojus 4 um. Dabei war die Orbitalsektion beider Raumschiffe jeweils als Luftschnur benutzt worden. Sie hatten vorher in der Orbitalsektion von Sojus 5 ihre Raumanzüge angelegt. Diese Raumanzüge besaßen ein autonomes Versorgungssystem, so daß auf eine „Nabelschnur“, wie sie bei dem ersten Ausstieg eines Menschen, des sowjetischen Kosmonauten Leonow aus Raumschiff Wostok 2 noch verwendet wurde, verzichtet werden konnte. Während ihres Außenaufenthaltes führten sie zahlreiche mechanische Arbeiten aus und beobachteten bestimmte Erscheinungen. Der Außenaufenthalt der beiden Kosmonauten dauerte rund 2 Stunden. Hierbei konnten viele Erfahrungen gesammelt werden, die für das zukünftige Zusammenbauen großer Raumstationen notwendig sind. Erstmals landeten schließlich zwei Kosmonauten nicht mit jenem Raumschiff, in dem sie gestartet waren. Über die weiteren Einzelheiten dieses Fluges ist bereits in zahlreichen Publikationen berichtet worden.

Das zweite bemannte Unternehmen mit drei gleichzeitig die Erde umfliegenden Raumschiffen war ebenso bedeutungsvoll. Eine Kopplung war hier nicht vorgesehen. Es ging darum, gemeinsame Manöver auszuführen, autonome Navigationssysteme zu erproben, mehrfache dichte Annäherungen bis auf wenige hundert Meter auszuführen und Methoden der wissenschaftlichen Beobachtungen zu erproben, die bei späteren Raumstationen angewendet werden. Es galt die Frage zu entscheiden, welche Beobachtungen und Messungen besser von Automaten und welche künftig besser von Menschen vorzunehmen sind. Außerdem erbrachten diese Beobachtungen bereits einen nicht unbeträchtlichen praktischen Nutzen.

Besonders bedeutungsvoll waren die in Raumschiff Sojus 6 ausgeführten Schweißexperimente. Hier konnten erste Erfahrungen über die Schweißtechniken unter den Bedingungen von

Schwereelosigkeit und Vakuum gewonnen werden. Diese Versuche erfolgten bekanntlich in der Orbitalsektion des Raumschiffes, die vorher evakuiert worden war.

Die Monderkundung mit unbemannten Raumflugkörpern wurde ebenfalls fortgeführt. Luna 15 erreichte eine Mondumlaufbahn. Hier erfolgten erstmalig durch sowjetische Raumflugkörper mehrere Bahnänderungen. Das Unternehmen endete schließlich mit einer harten Landung im Mare Crisium.

Mit Sonde 7 erfolgte eine Wiederholung des Unternehmens Sonde 6 vom Vorjahr. Der Mond wurde umflogen und die Landung auf der Erde durch zweimalige aerodynamische Abbremsung auf sowjetischem Territorium ermöglicht. Zahlreiche Fotos, die einzelne Details der Mondrückseite zeigten, wurden auf Farbfilm gewonnen. Hauptsächlich diente dieser Flug der Perfektionierung der Landetechnik bei der Rückkehr vom Mond.

Die beiden ebenfalls im Januar gestarteten Planetensonden Venus 5 und Venus 6 drangen in die Atmosphäre dieses Nachbarplaneten ein und sendeten bis in eine Höhe von rund 20 km über der Oberfläche zahlreiche Informationen zur Erde. Über die Ergebnisse dieser besonders interessanten Unternehmungen wird in einem gesonderten Beitrag in unserer Zeitschrift berichtet werden.

Aus der Literatur

Farbfernsehen aus dem Weltraum

Serien von Farbfotografien, die von sowjetischen und amerikanischen Kosmonauten gemacht wurden, sowie die Starts künstlicher Erdsatelliten mit Fernsehkameras an Bord ermöglichen es, das Farbfotografieren und das Farbfernsehen aus dem Kosmos zur allseitigen Erforschung unseres Planeten und zur Nutzung der Ergebnisse in der praktischen Tätigkeit der Menschheit konkret einzuschätzen.

Erstens wird bei einer Auswertung der Angaben über die Erdoberfläche, die durch Farbfernsehen von Bord der Wettersatelliten der Erde gesendet werden, die Entzifferung der Aufnahmen beträchtlich erleichtert und somit die Qualität der Bearbeitung verbessert.

Zweitens ermöglichen es Farbfotos, die Besonderheiten des Wärmehaushalts der Oberfläche zu bestimmen. Das Farbfernsehen wird es auch in nicht allzuferner Zukunft gestatten, die Fischfanggebiete zu erkunden, weil die Lage von Fischschwärmen und Ansammlungen anderer Meeresbewohner vor allem durch die Bedingungen der Wärmeverhältnisse des Wassers und durch das Vorhandensein von Plankton bestimmt wird.

Drittens erlauben es die mit Farbfernsehgeräten ausgerüsteten künstlichen Erdsatelliten, die landwirtschaftliche Produktion zu kontrollieren, die Aussaat- und Erntetermine zu präzisieren, die Feuchtigkeitsreserven im Boden zu kontrollieren, Wald- und Steppenbrände zu lokalisieren, die Bodenerosion zu beobachten usw.

Viertens ermöglichen Farbfernsehen und Farbfotografieren aus dem Kosmos vielseitige geologische Beobachtungen, wobei der Unterschied in der Färbung der verschiedenartigen geologischen Schichten aufschlußreich ist. Besonders umfassende Beobachtungen dieser Art führten die sowjetischen Raumschiffe Sojus 6, Sojus 7 und Sojus 8 bei ihren Flügen durch.

Aus: „Priroda“, Nr. 4/1970.

Weltraumforschungsdienste in Japan

Entwicklung wissenschaftlicher Satelliten

Die Universität Tokio hat zur Beobachtung von Plasmawellen, Plasmadichte, einzelnen elektronischen Linien, elektromagnetischen Wellen und Erdmagnetismus die Satelliten Nr. 1 und Nr. 2 fertiggestellt.

Ionosphärische Sonnen-Satelliten

Seitdem am 1. Oktober 1969 in Japan eine nationale Weltraumentwicklungsbehörde eingerichtet wurde, sind die bisherigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Funkforschungslaboratoriums des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen in diese neue Behörde überführt worden. Es ist vorgesehen, daß ionosphärische Sonnensatelliten 1971 fertiggestellt und 1972 in einer Höhe von 1000 km in eine circuläre Umlaufbahn gebracht werden können.

Datenempfang von Satelliten

In der Kashima-Erdstation werden ionosphärische Sonnendaten von den kanadischen Satelliten ALOUETTE II und ISIS I sowie von ATS empfangen und auch die Analyse dieser Daten wird in der Station durchgeführt.

L.O. Fb

Bahnneigung	Umlaufzeit	Nummer	Datum	Höhe														Bahnneigung	Umlaufzeit	Nummer	Datum	Höhe			
				km	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400					km	200	300	400
50,0°	298	15.9	740	212															65,4°	89,8	263	12.1.	205	346	
51,5°	305	23.10.	193	205															65,0°	89,9	267	26.2.	210	346	
																			65,4°	89,9	270	6.3.	205	350	
																			65,4°	89,7	271	15.3.	200	342	
																			65,4°	89,8	273	22.3.	205	365	
62,3°	91,5	291	6.8.	157															65,0°	89,6	274	24.3.	213	323	
																			65,0°	89,7	278	9.4.	203	338	
71,0°	91,9	265	7.2.																65,4°	89,9	281	13.5.	194	377	
71,0°	92,0	275	28.3.	283															65,4°	89,8	282	20.5.	209	343	
71,0°	92,0	277	4.4.	284															65,4°	89,8	286	15.6.	206	348	
71,0°	92,2	285	3.6.	280															65,4°	89,8	289	10.7.	200	350	
71,0°	92,0	295	22.8.	279															65,4°	89,8	290	22.7.	200	352	
71,0°	91,9	303	18.10.	282															65,4°	89,9	294	20.8.	202	348	
71,0°	91,3	308	4.11.	282															65,0°	89,6	286	29.8.	211	322	
71,0°	92,0	311	24.11.	281															65,0°	89,5	299	18.9.	214	371	
71,0°	92,1	314	11.12.	284															65,4°	89,4	301	24.9.	194	307	
				282															65,4°	89,7	302	16.10.	202	340	
																			65,0°	89,7	306	24.10.	208	332	
48,4°	103,2	268	5.3.	219															65,4°	90,1	309	12.11.	203	384	
48,4°	103,1	307	24.11.	220															65,0°	89,8	310	15.11.	208	347	
49,5°	102,7	316	23.12.	154															65,4°	89,1	313	3.12.	204	276	
																			65,4°	89,4	317	23.12.	209	302	
48,4°	93,3	Inter- Normos	15.10.	260															51,8°	89,1	278	15.4.	194	280	
48,4°	98,5	J.K. 2	25.12.	206															51,8°	89,1	280	23.4.	206	272	
																			51,8°	89,5	284	25.5.	207	308	
																			51,8°	89,0	287	24.6.	190	268	
82,0°	102,1	283	27.5.	210															51,8°	89,2	288	27.6.	201	281	
																			51,8°	89,1	293	16.8.	208	270	
74,0°	95,3	269	6.3.						526	558									70,0°	89,7	264	23.1.	219	330	
74,0°	101,35	272	17.3.											1195	1220				72,3°	89,9	266	25.2.	208	358	
74,0°	99,9	292	14.8.							747	768								72,3°	89,7	297	2.9.	211	334	
74,0°	98,9	304	21.10.							747	776								81,4°	90,4	276	4.4.	214	410	
74,0°	108,6	312	24.11.											1145	1187										
74,06	95,3	315	20.12.							521	556								51,66	88,25	Sojus 4	14.1.	173	225	
																			51,66	88,7	Sojus 5	15.1.	200	230	
81,2°	91,9	Meteor 1	27.3.							644	713								51,60	88,24	300	23.9.	190	208	
81,2°	91,7	Meteor 2	26.10.							630	690								51,7	88,36	Sojus 6	11.10.	186	223	
																			51,7	88,60	Sojus 7	12.10.	207	226	
																			51,7	88,60	Sojus 8	13.10.	205	223	

Astronomie und Raumfahrt

111-Berlin

Charlottenstr. 15

H.D. Heinich

24 31032

1 2179

15083

1/69



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Über einige Effekte bei großen Geschwindigkeiten · Johannes Classen	129
Sonnenzeit und Sternzeit · Dr. Siegfried Marx	136
Erfahrungen beim Fotografieren astronomischer Objekte · H. Wanags	141
Bildseiten	143—146
Astronomie im Ferienlager	146

Aus der Literatur

Entstanden die Mondkrater durch Meteoritenaufsturz oder durch Vulkanismus? Organische Farbstoffe in der Jupiteratmosphäre? — Messungen an Phobos — 2 304 333 Meteore gezählt — Feuerüberfall auf Spiegelteleskop	147
Stern 23,6 Größe gemessen — Dokumente zur Mondforschung von 1492 bis 1970 Sonnenzellen für Satellitenbatterien	148
Laserstrahl markiert Satellitenbahn — Kongresse der IAF (Internationale Astronautische Föderation) — Magnetfelder in Sonnennähe — Sonnen- laboratorium mißt ultraviolette Strahlen	149
Rätsel der Venusatmosphäre	160
Röntgensterne	3. Umschlagseite

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Einige Ergebnisse sowjetischer Raumflugkörper · Karl-Heinz Neumann	150
Verbesserung der Landetechnik von Apollo 12 gegenüber Apollo 11 · W. D. Fromm	153
Westeuropäische NASA · Prof. Dr. G. Reintanz	158
Wird Venus 7 neue Fragen aufwerfen? · Herbert Pfaffe	159

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raum-
fahrt“ erscheint 1970 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: Druckhaus Freiheit Halle, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale),
Geiststraße 22.

Über einige Effekte bei großen Geschwindigkeiten

J. CLASSEN

Die Effekte, die im folgenden beschrieben werden, machen sich beim Vorliegen der üblichen Geschwindigkeiten kaum bemerkbar, weshalb sie außer in der Atomphysik bisher nur wenig Beachtung fanden. Die Bedingungen für die Wahrnehmbarkeit dieser Effekte ändern sich jedoch, wenn Geschwindigkeiten ins Spiel kommen, die größenmäßig mit der Lichtgeschwindigkeit c vergleichbar sind. Man steht dann auch in anderen Gebieten, so beispielsweise in der Astronomie und in der Astronautik, vor der Notwendigkeit, sich näher mit diesen neuen Effekten zu befassen.

Vielfältig sind die Stellen im Weltgeschehen, an denen es zur Entstehung derartiger Effekte kommt. So muß bei einem Himmelskörper, der sich beschleunigt in Bewegung setzt, der endlich großen Geschwindigkeit der Gravitation wegen ein Zurückbleiben der Gravitation eintreten. Es läßt sich zeigen, daß dieses Zurückbleiben der Gravitation beispielsweise bei einem in Bewegung befindlichen Sternhaufen dazu führt, daß die Auflösungstendenz, die an Sternhaufen meist zu beobachten ist, im Durchschnitt verstärkt wird. Es überlagert sich den Bewegungen der Haufenmitglieder eine nach außen gerichtete Bewegungstendenz.

In ganz ähnlicher Weise wie die Gravitation bei einem Himmelskörper müssen bei dem beschleunigten Inganggeraten der Atome die atomaren Anziehungs- und Abstoßungskräfte zurückbleiben, was ein Zusammenrücken der Atome zur Folge haben muß. Die bewegte Materie schrumpft ein, die Körper erleiden eine „Längenverkürzung“.

Im übrigen wirkt sich das Zurückbleiben der Kräfte sowohl auf die Intensität als auch auf die Richtung aus, mit der sich die Himmelskörper oder die Atome gegenseitig anziehen oder abstoßen, so daß sowohl ein „Intensitätseffekt“ als auch ein „Richtungseffekt“ entsteht. Beide Effekte gehen allerdings einer in den andern über.

Ferner treten bei vielen Naturerscheinungen, die auf bewegten Körpern stattfinden, zeitliche Verzögerungen ein. Diese Verzögerungen haben ihren Grund darin, daß auf bewegten Körpern das Dahineilen der Kräfte je nach seiner Orientierung zur Bewegungsrichtung der Körper einmal mehr und einmal weniger viel Zeit erfordert. Dabei gleichen sich die Verlangsamungen jedoch nicht mit den Verschnellerungen aus. Vielmehr nimmt das Hin- und Herellen der Kräfte bei einer Bewegung der Körper im ganzen gesehen mehr Zeit in Anspruch als im Ruhezustand. Der Ablauf der Naturerscheinungen verzögert sich bei Bewegung.

Derartige „Zeitdehnungen“ sind zu erwarten beim Zerfall kosmischer Partikel, bei bewegten lichtaussendenden Atomen, bei bewegten Uhren aller Art, bei den Lebensfunktionen im Organismus eines Weltraumfahrers und bei vielen anderen Vorgängen. Auch die relativistische Massenzunahme bewegter Körper findet ihre Erklärung darin, daß das Hin- und Herellen der Kräfte bei bewegten Körpern mehr Zeit erfordert als bei unbewegten. Die Kräfte wirken sich im ersten Fall nachhaltiger aus als im zweiten.

Schließlich stellen sich Effekte auch bei der optischen Beobachtung der Himmelskörper ein, sofern entweder der Beobachter oder der Himmelskörper oder aber beide mit c vergleichbare Geschwindigkeiten annehmen. Und obwohl in den genannten Fällen ganz verschiedenartige Effekte entstehen, nämlich Aberrationserscheinungen bei der Bewegung des Beobachters und Laufzeitenänderungen des Lichtes bei der Bewegung des Himmelskörpers, sind doch die Ergebnisse im Endeffekt immer dieselben. Der Beobachter kann nie entscheiden, ob er selbst sich in Bewegung befindet, ob der Himmelskörper dieses tut, oder ob sowohl er selbst als auch der Himmelskörper an der Bewegung teilhaben.

Überhaupt ergänzen sich die hier behandelten Effekte oft gegenseitig, wodurch sowohl die Beobachtung der Effekte selbst als auch die Feststellung von „Absolutbewegungen“ erschwert wird. Genauer, es besteht von vornherein zwischen den beiden Hauptgruppen dieser Effekte, den Raumeffekten und den Zeiteffekten, ein geordnetes Zusammenspiel, welches zu einem Ausgleich zwischen diesen Effekten führt. Alles dieses steht in bester Übereinstimmung mit der speziellen Relativitätstheorie. Ja, die Vorhersagen, welche letztere Theorie in so hervorragender Weise über die Naturerscheinungen zu machen in der Lage ist, erfahren jetzt ihre genaue physikalische Begründung. Bisher hatten diese Vorhersagen nur die allgemeinen Grundsätze der speziellen Relativitätstheorie zur Grundlage. Jetzt aber sind die materiellen Ursachen für die vorhergesagten Vorgänge bekannt.

I.

Das Zurückbleiben der Gravitation bei zwei parallel dahinwandernden Himmelskörpern

Wie schon im Vorwort angedeutet, entsteht einer der neuen Effekte dadurch, daß die von einem Himmelskörper ausgehende Gravitation bei einem beschleunigten Sichinbewegungsetzen des Himmelskörpers nicht überall sofort dessen Bewegung annimmt. Jede physikalische Wirkung und damit auch die Gravitation kann sich vielmehr höchstens mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Diese ist die für alle Naturerscheinungen höchstzulässige Geschwindigkeit, eine unendlich schnelle „Fernwirkung“ dagegen gibt es nicht.

Gegen ein Zurückbleiben der Gravitation beim Sichinbewegungsetzen eines Himmelskörpers ist auch vom Standpunkt der speziellen Relativitätstheorie aus nichts einzuwenden. Zwar lehnt die spezielle Relativitätstheorie das selbständige Sichausbreiten der Naturerscheinungen ab, indem sie beispielsweise die Ausbreitung des Lichtes auch dann stets auf den jeweiligen Ort der Lichtquelle bezieht, wenn die Lichtquelle sich bewegt. Sie geht dabei davon aus, daß ein Beobachter in einem gleichförmig bewegten System von seiner Bewegung nichts bemerkt, sondern nach allen Seiten hin eine Lichtgeschwindigkeit von 300 000 km/sec feststellt.

Nun ist jedoch bei dem Sichinbewegungsetzen eines Himmelskörpers zumindest anfangs stets eine beschleunigte Bewegung vorhanden. Eine solche führt aber nach der speziellen Relativitätstheorie nie zu einem „Inertialsystem“, in dem die Naturerscheinungen unbeeinflusst von der Bewegung des Systems ablaufen. Vielmehr tritt während einer Beschleunigung (ebenso wie während einer Verzögerung sowie während einer Richtungsänderung) stets ein objektiv feststellbarer Trägheitswiderstand in Erscheinung, womit die betreffende Bewegung den „relativen“ Charakter verliert, den nach der speziellen Relativitätstheorie alle gleichförmigen Bewegungen besitzen.

Von welchem Standpunkt aus man also auch an das Problem herangeht, auf jeden Fall bleibt die von einem Himmelskörper ausgehende Gravitation bei einer Beschleunigung des Himmelskörpers hinter diesem zurück. Sie verhält sich nicht wie ein starres, fest mit dem Himmelskörper verbundenes „Gravitationsfeld“. In diesem Falle müßten ja auch alle Teile dieses Gravitationsfeldes sofort gemeinsam die beschleunigte Bewegung annehmen. Das aber ist, da die Gravitation eines Himmelskörpers theoretisch unendlich weit in den Weltraum hinausreicht, unmöglich. Ein mehr oder weniger ausgeprägtes Zurückbleiben der Gravitation ist also unausweichlich. Es hält auch an, wenn der Himmelskörper nach seinem beschleunigten Inganggeraten ein gleichförmiges Dahinwandern annimmt.

Will man dieses Zurückbleiben der Gravitation genauer untersuchen, so geht man am besten von zwei Himmelskörpern a und b aus, also beispielsweise von zwei benachbarten Fixsternen, die einem durch den Weltraum wandernden Sternhaufen

entstammen; a und b bewegen sich dann erstens auf Grund ihrer Beharrung dahin, und zwar in einer und derselben Richtung und mit einer und derselben Geschwindigkeit. Sie sind ja als Haufenmitglieder seinerzeit unter annähernd den gleichen Umständen entstanden, und deshalb mußte ihr Inganggeraten annähernd die gleiche Eigenbewegung zur Folge haben.

Zweitens ist in dem Dahinwandern von a und b die Fallbewegung enthalten, die a und b infolge ihrer gegenseitigen Gravitation zueinander ausführen.

Und drittens stehen a und b noch unter dem Einfluß der an Sternhaufen meist vorhandenen Auflösungstendenz, wobei diese Auflösungstendenz außer durch die nie ganz parallele Eigenbewegung der Haufenmitglieder vor allem durch die infolge der Rotation des Milchstraßensystems entstehenden Scherungskräfte sowie durch die Gravitationseinwirkung benachbarter massereicher Himmelsobjekte entsteht¹⁾.

Das gesamte Dahinwandern von a und b durch den Weltraum werde mit dem in der relativistischen Physik gebräuchlichen Ausdruck „Translation“ bezeichnet.

Wichtig ist für die folgenden Untersuchungen nicht so sehr, wie lange die Translation eines Himmelskörpers bereits im Gange ist, sondern vielmehr, mit welcher Geschwindigkeit v diese Translation erfolgt. Dabei ist zur Festlegung von v ein Bezugssystem notwendig. Als solches könnte vielleicht der Bewegungszustand dienen, den der Himmelskörper vor seinem ersten Inganggeraten besaß. Genauer, den die einzelnen Bestandteile des Himmelskörpers zur Zeit ihrer Entstehung innehatten. Der jeweilige Wert von v errechnete sich dann aus der Summe der Beschleunigungen minus der Summe der Verzögerungen, welche der Himmelskörper beziehungsweise dessen Bestandteile seit dieser Zeit erlitten²⁾. Die Beschleunigungen und Verzögerungen selbst wären dabei eindeutig durch den an den Körpern auftretenden Trägheitswiderstand festgelegt.

Selbst bei gleichförmigen Bewegungen ist es übrigens keinesfalls so, daß diese nur als relative Lageänderungen der Körper wahrnehmbar sind, wie es manchmal in der Literatur angegeben wird. Vielmehr steht auch bei gleichförmigen Bewegungen meist fest, welcher von zwei Körpern, deren gegenseitige Lage sich ändert, im Verhältnis zum andern ruht und welcher sich bewegt. Wird beispielsweise eine Kanonenkugel abgeschossen, so fliegt die Kanonenkugel von der Kanone fort, nicht aber die Kanone von der Kanonenkugel. Die Kanone ist also einwandfrei die „ruhende“, die Kanonenkugel dagegen die „bewegte“ Komponente. Die Untersuchung der Bewegungsursachen hat die Festsetzung eines Bezugssystems für die Kanone und die Kanonenkugel ermöglicht³⁾.

Weiter könnte man v vielleicht auch auf die Gravitation beziehen, die dauernd im Weltraum hin- und hereilt. Das Mittel aus diesem Hin- und Herbewegungen ergäbe nämlich ebenfalls eine Art von Bezugssystem. Auch das Mittel aus dem Hin- und Hereilen des Lichtes und der anderen elektromagnetischen Wellen, ja vielleicht auch das Mittel aus dem Hin und Her der kosmischen Partikel, alles das ließe sich theoretisch zu Bezugssystemen benutzen, relativ zu denen v festlegbar wäre.

Um aber wieder auf die beiden einem Sternhaufen entstammenden Himmelskörper a und b zurückzukommen, so können diese erstens von sehr verschieden großer Masse sein. In diesem Falle genügt es für die vorliegenden Betrachtungen, wenn man nur die Gravitation berücksichtigt, die der massereiche Himmelskörper a auf den massearmen Himmelskörper b ausübt. Die Gravitation von b und a dagegen kann in diesem Falle vernachlässigt werden.

¹⁾ Newcomb-Engelmann. Populäre Astronomie, 8. Auflage, 785, Leipzig 1948

²⁾ Classen, J. Veröff. Sternw. Pulsnitz, 1, 8 (1965)

³⁾ Stern, V.: Erkenntnistheoretische Probleme der modernen Physik. 27. Berlin 1952

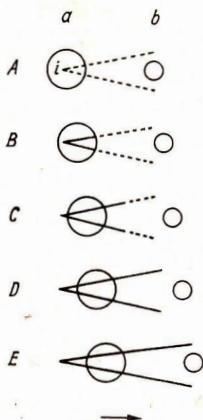


Abb. 1: Die Gravitation beim Zusammenwandern eines massereichen und eines massearmen Himmelskörpers, der letztere dem ersteren vorangehend.

Abb. 4: Die Gravitation beim Zusammenwandern zweier gleich massereicher, längs ihrer Bewegungsrichtung dahinwandernder Himmelskörper.

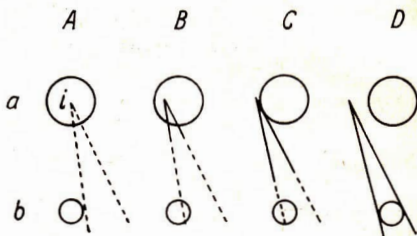
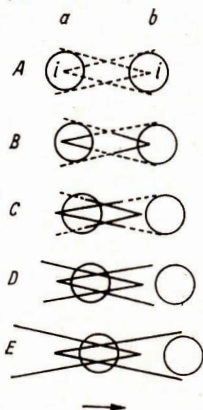


Abb. 2: Die Gravitation beim Zusammenwandern eines massereichen und eines massearmen Himmelskörpers, der letztere senkrecht unterhalb des ersteren sich bewegend.

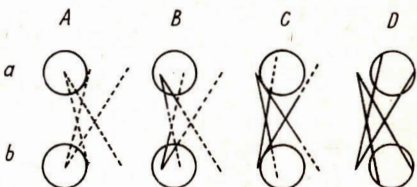


Abb. 5: Die Gravitation beim Zusammenwandern zweier gleich massereicher, quer zu ihrer Bewegungsrichtung dahinwandernder Himmelskörper.

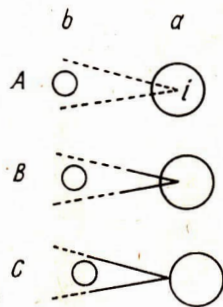


Abb. 3: Die Gravitation beim Zusammenwandern eines massereichen und eines massearmen Himmelskörpers, der letztere dem ersteren nachfolgend.

Zweitens ist es aber auch möglich, daß sich a und b in ihren Massen größenordnungsmäßig ähneln. In diesem Falle muß man sowohl die Gravitation betrachten, die a auf b ausübt, als auch die Gravitation, die von b auf a einwirkt.

Zunächst sei die erste der beiden Möglichkeiten untersucht, und zwar anhand von Bild 1 bis 3. Auf den Figuren A, B, C usw. ist durch je zwei auseinanderstrebende Linien die Gravitation angedeutet, die ein bewegter massereicher Himmelskörper a aus seinem Innern i nach einem bewegten massearmen Himmelskörper b aussendet. Der nach außen hin größer werdende Abstand der beiden Linien deutet an, daß sich die Gravitation mit zunehmendem Abstand von i nach dem Quadratgesetz verflüchtigt.

Auf Figur A sind diese Linien durchweg punktiert. Von Figur B an besitzen sie einen ausgezogenen Teil. Dieser bringt zum Ausdruck, wie sich die Gravitation mit endlich großer Geschwindigkeit, nämlich mit der Lichtgeschwindigkeit c, von a nach b fortpflanzt.

Eigentlich sollten diese beiden Linien stets von dem jeweiligen Mittelpunkt von a ausgehen, da ja a seine Gravitation ununterbrochen nach b aussendet. Bei einer Berücksichtigung dessen wäre aber auf den Bildern nur schwer erkennbar geworden, wie die bereits unterwegs befindliche Gravitation von Figur B an hinter a zurückbleibt. Gerade dieses Zurückbleiben der Gravitation, das also durch das Verbleiben der beiden auseinanderstrebenden Linien in ihren Anfangsstellungen angedeutet wird, ist aber wesentlich für die folgenden Betrachtungen.

Weiter zeigt der Pfeil unterhalb der Figuren, der auch auf allen folgenden Bildern erscheint, die Translationsrichtung von a und b an. Auf Bild 1 befindet sich also b in bezug auf diese Translationsrichtung rechts vor a, auf Bild 2 senkrecht unterhalb von a und auf Bild 3 links hinter a. Die Translation selbst kommt dadurch zum Ausdruck, daß a und b von ihrer Anfangsstellung aus (Figur A) von Figur zu Figur ein Stück von links nach rechts weiterrücken. Dabei sollen sie die Geschwindigkeit

$v = \frac{c}{3}$ besitzen, das heißt die Ausbreitung der Gravitation soll auf Bild 1 bis 3 dreimal so schnell erfolgen wie das Dahinwandern von a und b. Auch auf den noch folgenden Bildern wird dieses Verhältnis stets beibehalten.

Schließlich deutet der unverändert bleibende Abstand von a und b an, daß die Eigenbewegung von a und b zusammen mit der durch die Gravitation von a verursachten Fallbewegung von b sowie mit der oben beschriebenen Auflösungstendenz des Sternhaufens gerade ein paralleles Dahinwandern von a und b ergeben. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die Fallbewegung von b nach a ihre „normale“ Größe besitzt. Diese ist vorhanden, wenn a und b keine Translation ausführen und die Gravitation von a nicht hinter a und b zurückhinkt. Nun dringt jedoch b auf Bild 1 und 2 in eine geringere, auf Bild 3 dagegen in eine stärkere Gravitation von a ein. Das Ergebnis dessen aber, die Fallbewegung von b nach a wird auf Bild 1 und 2 schwächer, auf Bild 3 dagegen stärker. Damit ist das Gleichgewicht zwischen den Bewegungstendenzen, die auf b einwirken, gestört; b beginnt, sich auf Bild 1 und 2 von a weg, auf Bild 3 dagegen nach a hin zu verlagern.

Außerdem kommt²⁾ auf Bild 2¹⁾ die Gravitation von a³⁾ schräg von links hinten in b an, denn sie muß während ihres Dahineilens von Anfang an auf die Weiterbewegung von b Rücksicht nehmen. Dadurch erhält die Fallbewegung von b eine Richtung, die relativ zur Translation von a und b schräg nach links hinten weist. Doch hiervon erst Näheres in Kapitel 4.

Will man die in den drei Fällen zu erwartenden Intensitätsänderungen der Gravitation quantitativ miteinander vergleichen, so muß man die Laufzeiten ermitteln, welche die Gravitation von a während der Translation der beiden Himmelskörper

benötigt, um von a nach b zu gelangen. Diese Laufzeiten geben nämlich an, wie tief b in schwächere oder in dichtere Zonen der Gravitation von a eingedrungen ist und wie groß demzufolge die neue Anziehung von a auf b wird. Als normale Laufzeit gilt dabei diejenige bei fehlender Translation von a und b. Sie ist $t = \frac{e}{c}$ groß, wobei e die Entfernung zwischen a und b bedeutet.

Was zunächst Bild 1 betrifft, so entflieht hier b der Gravitation von a und letztere holt b erst in der verhältnismäßig langen Laufzeit $t = \frac{e}{c \cdot v}$ ein. Die Entfernung zwischen b und dem Ausgangspunkt i der Gravitation wird also größer, die Fallbewegung von b nach a schwächt sich ab, b strebt von a weg.

Auf Bild 2 stellt sich ebenfalls eine längere Laufzeit ein, da die Gravitation von a auch jetzt b etwas nacheilen muß, wenn auch in schräger Richtung. Und zwar ist diese Laufzeit $t = \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ groß, weicht also quantitativ verhältnismäßig wenig

von dem Normalwert $t = \frac{e}{c}$ ab. Das alles bedeutet ein verhältnismäßig geringes Eindringen von b in schwächere Gravitationszonen von a. Die Fallbewegung von b nach a vermindert sich geringfügig, b strebt etwas von a weg.

Auf Bild 3 schließlich wandert b der Gravitation von a entgegen, so daß letztere b in der verhältnismäßig kurzen Laufzeit $t = \frac{e}{c + v}$ erreicht; b rückt damit näher an den Ausgangspunkt i der Gravitation von a heran, die Fallbewegung von b nach a wird stärker, b strebt auf a zu. Und zwar ist die zusätzliche Bewegung von b erheblicher als im Fall von Bild 2, nicht so erheblich allerdings als im Fall von Bild 1.

Auch wenn b relativ zu a andere Orte als auf Bild 1 bis 3 einnimmt, richtet sich die von a auf b ausgeübte Anziehung nach den Laufzeiten, welche die Gravitation von a benötigt, um b zu erreichen. Stellt man ferner alle Möglichkeiten, in denen sich b relativ zu a im Raum aufhalten kann, mit gleichen Gewichten statistisch zusammen, so ergibt sich nicht etwa ein Ausgleich zwischen dem Anwachsen und dem Sichvermindern der Anziehung. Vielmehr überwiegt dann das letztere, denn die Fälle, in denen b in schwächere Gravitationszonen von a eindringt, sind zahlreicher als die gegenteiligen Fälle. Beispielsweise vermindert sich die Anziehung von a auf b in der gesamten „Äquatorzone“ von a, das heißt in allen Fällen, in denen sich b irgendwie senkrecht neben a aufhält.

Bei allen diesen Vorgängen geht es also nur um die Intensität, mit welcher b von a angezogen wird, nicht auch um die Richtung, in der diese Anziehung erfolgt. Praktische Bedeutung könnte dieser Intensitätseffekt bei der Beobachtung von Sternhaufen erlangen. Besteht ein Sternhaufen aus einem massereichen Zentralstern und aus massearmen Außensternen, so wird der Zentralstern die Außensterne an der Vorderseite des dahinwandernden Sternhaufens sowie an dessen

Querseiten entsprechend den Laufzeiten $t = \frac{e}{c \cdot v}$ und $t = \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ vermindert

anziehen, an der Rückseite dagegen entsprechend der Laufzeit $t = \frac{e}{c + v}$ verstärkt. Die Auflösungstendenz des Sternhaufens, genauer das Wegstreben der Außensterne von dem Zentralstern, wird also durch den Intensitätseffekt an der Vorderseite und an den Querseiten des Sternhaufens unterstützt, an der Rückseite jedoch abgeschwächt. Da bei diesem Spiel die Unterstützungen überwiegen, nimmt die Auflösung des Sternhaufens insgesamt zu. Und zwar profitiert hiervon vor allem der Längsdurchmesser des Sternhaufens, weniger der Querdurchmesser. Für

das zusätzliche Anwachsen des Längsdurchmessers ist nämlich die Summe der Laufzeiten $t = \frac{e}{c-v} + \frac{e}{c+v}$ maßgebend, für das zusätzliche Anwachsen des

Querdurchmessers dagegen die Laufzeitensumme $t = \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}} + \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}}$. Die

Zunahme des Längsdurchmessers fällt mithin um den Faktor $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ größer aus

als die Zunahme des Querdurchmessers.

Die absoluten Werte für das zusätzliche Anwachsen von Längsdurchmesser und Querdurchmesser sind ganz von der Zeitdauer abhängig, die für die betreffenden Prozesse zur Verfügung steht. Groß fallen diese absoluten Werte in der Praxis wahrscheinlich nicht aus, auch bei langen Zeitdauern nicht. Der beobachtungsmäßige Nachweis für das zusätzliche Auseinanderstreben des Sternhaufens dürfte daher schon wegen der Kleinheit des Effektes schwierig werden. Hinzu kommt, daß an Sternhaufen wie gesagt meist sowieso schon Auflösungstendenzen vorhanden sind.

Man erkennt übrigens an den oben auftauchenden Ausdrücken

$$\frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}} \quad \text{und} \quad \frac{e}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

daß es sich bei den betreffenden Effekten um „Effekte zweiter Ordnung“ handelt, die typisch für die Effekte sind, die bei großen Geschwindigkeiten auftreten. Der Ausdruck $\frac{e}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ beispielsweise ist im wesentlichen bereits 1887 bei **W. Voigt**¹⁾ 2) 3) 4)

zu finden. 1892 taucht er bei **H. A. Lorentz**⁵⁾ auf, und 1905 wird er von **A. Einstein**⁶⁾ bei Aufstellung der speziellen Relativitätstheorie übernommen. Er wird im folgenden noch eine große Rolle spielen.

Was nun die zweite Möglichkeit für das parallele Zusammenwandern zweier Himmelskörper anbelangt, bei der die Massen von a und b großemäßig einander ähneln, so ist also in diesem Falle sowohl die Gravitation von a als auch die Gravitation von b zu berücksichtigen. Dadurch können dieses Mal die beiden Fälle „b vorangehend“ (Bild 1) und „b nachfolgend“ (Bild 3) auf einer einzigen Abbildung vereinigt werden (Bild 4).

Man ersieht aus dieser Abbildung, daß nach dem Sichinbewegungsetzen von a und b sowohl b in schwächere Zonen der Gravitation von a gelangt, als auch daß a in dichtere Zonen der Gravitation von b eindringt. Ersterer Vorgang wird also eine Abschwächung der Fallbewegung von b nach a, letzterer dagegen ein Anwachsen der Fallbewegung von a nach b zur Folge haben. Dabei ist für die Abschwächung der Fallbewegung von b nach a die Laufzeit $t = \frac{e}{c-v}$ und für das

Anwachsen der Fallbewegung von a nach b die Laufzeit $t = \frac{e}{c+v}$ maßgebend.

In Wirklichkeit greifen jetzt jedoch beide Fallbewegungen gegenseitig ineinander über. Dadurch entsteht eine neue einheitliche Fallbewegung von a und b, für

¹⁾ Voigt, W.: Göttinger Nachrichten, 41 (1887)

²⁾ Lorentz, H. A.: Proc. Ac. Sc. Amsterdam. 6, 809 (1904)

³⁾ Pauli, W.: Enc. Math. Wiss. V, 19, 543 (1920)

⁴⁾ v. Laue, M.: Die Relativitätstheorie. I. 294, Braunschweig 1921 (4. Aufl.)

⁵⁾ Lorentz, H. A.: Zittingsverlagen Akad. v. Wet. te Amsterdam, 74 (1892/3)

⁶⁾ Einstein A.: Ann. Phys. 17, 891 (1905)

welche die Laufzeit $t = \frac{1}{2} \left(\frac{e}{c \cdot v} + \frac{e}{c + v} \right)$ kennzeichnend ist. Diese gegenüber der Normallaufzeit $t = \frac{e}{c}$ etwas längere Laufzeit besagt, daß im Endergebnis ein verhältnismäßig geringes Auseinanderstreben von a und b erfolgt. Genauer, dieses Auseinanderstreben ist halb so groß wie das Auseinanderstreben, das bei dem Dahinwandern eines massereichen Himmelskörpers a eintritt, der rechts vorn (Bild 1) und links hinten (Bild 3) von einem massearmen Himmelskörper b begleitet wird.

Bewegen sich a und b quer nebeneinander dahin (Bild 5), so entfernt sich zunächst einmal b aus der (jetzt wieder schräg von links hinten ankommenden) Gravitation von a. Gleichzeitig gelangt aber auch a in schwächere Zonen der Gravitation von b. Dadurch vermindert sich sowohl die Fallbewegung von b nach a als auch die Fallbewegung von a nach b. Und zwar richten sich beide Fälle nach der (gegenüber

$t = \frac{e}{c}$ etwas längeren) Laufzeit $t = \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}}$. Auch jetzt erfolgt jedoch ein

Ineinanderübergreifen der Fallbewegungen, und zwar mit dem Erfolg, daß sich gewissermaßen nur eine der beiden Fallbewegungen wirklich abschwächt. Denn wenn beispielsweise b etwas von a wegrückt, so entfernt sich ja gleichzeitig auch a etwas von b. Insgesamt entsteht jetzt also ein Auseinanderstreben von a und b,

das von der Laufzeit $t = \frac{1}{2} \left(\frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}} + \frac{e}{\sqrt{c^2 - v^2}} \right)$ abhängt. Es ist halb so groß

wie das Auseinanderstreben, das entsteht, wenn ein massereicher Himmelskörper a senkrecht unten (Bild 2) und senkrecht oben einen massearmen Begleiter b besitz.

Die anhand von Bild 4 und 5 beschriebenen Erscheinungen sollten beispielsweise an Sternhaufen eintreten, die keinen ausgeprägten Zentralstern besitzen. Die Gestaltänderungen eines derartigen Sternhaufens verlaufen dann ähnlich wie bei einem Sternhaufen mit massereichem Zentralstern und massearmen Außensternen, nur daß die Außensterne ihre zusätzlichen Bewegungen jetzt nicht mehr getrennt voneinander ausführen, sondern daß ein Ineinanderübergreifen zwischen den Bewegungen nach vorn und hinten sowie nach oben und unten eintritt. Und zwar fällt das zusätzliche Auseinanderstreben des Sternhaufens wie gesagt halb so groß aus wie bei dem vorhergehenden Beispiel. Der beobachtungsmäßige Nachweis des Effektes wird also noch schwieriger als im ersten Falle.

Fortsetzung folgt.

Sonnenzeit und Sternzeit

Dr. SIEGFRIED MARX

Für viele astronomische Aufgaben ist die Kenntnis der Sternzeit eines Ereignisses wichtig. Dies wird jeder Amateur bei seinen Beobachtungen und deren Vorbereitung schon bemerkt haben. Es seien hier nur zwei Probleme erwähnt:

1. Welche Sterne sind an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit (gemeint ist hier Mitteleuropäische Zeit = MEZ) in der oberen Kulmination zu beobachten? Weiß man, welche Sternzeit es zu der verlangten MEZ ist, ist die Frage ohne Benutzung einer drehbaren Sternkarte mit hoher Genauigkeit sofort beantwortet.

2. Welche Höhe und welches Azimut hat ein Objekt, von dem man die Rektaszension und die Deklination kennt, zu einem vorgegebenen Zeitpunkt MEZ? In die bekannten Umrechnungsformeln von Rektaszension und Deklination auf Azimut und Höhe geht nicht die Mitteleuropäische Zeit, sondern die Sternzeit des Ereignisses ein.

Unter einem Sterntag, der Einheit der Sternzeit, versteht man das Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen des Frühlingspunktes. Analog zur Sonnenzeit teilt man den Sterntag in Stunden, Minuten und Sekunden ein. Die Sternzeit eines Ereignisses, die im weiteren mit θ bezeichnet wird, ist der Sternwinkel des Frühlingspunktes, im gegebenen Augenblick, d. h. die seit der Kulmination des Frühlingspunktes vergangene Zeit.

Aus der Definition der Sternzeit folgt sofort ein wesentlicher Zusammenhang. Die Rektaszension eines Gestirns wird in Stunden, Minuten und Sekunden vom Frühlingspunkt entgegen der täglichen Bewegung der Sterne gemessen. Damit ist der Stundenwinkel (t) des Gestirns die Differenz zwischen der Sternzeit (θ = Stundenwinkel des Frühlingspunktes) und der Rektaszension (z) des Gestirns

$$(1) \quad t = \theta - z$$

Ein wichtiger Spezialfall der Beziehung (1) tritt für den Fall $t = 0$ ein. $t = 0$ heißt, daß das Gestirn kulminiert. Es gilt dann $\theta = z$; oder in Worten: Die Sternzeit in einem gegebenen Augenblick ist gleich der Rektaszension eines Sternes, der sich in diesem Augenblick in der oberen Kulmination befindet.

Andererseits kann man die Rektaszension eines Objektes aber auch schnell bestimmen, wenn man den Kulminationszeitpunkt auf einer richtig gehenden Sternzeituhr abliest. Bestimmt man den Kulminationszeitpunkt in MEZ, was in vielen Fällen leichter möglich ist, muß man diese in Sternzeit θ umrechnen und hat die Rektaszension z bestimmt.

Hieraus kann man eine, allerdings sehr grobe Bestimmung der Sternzeit für einen vorgewählten MEZ-Zeitpunkt durch die Benutzung einer drehbaren Sternkarte ableiten. Man stellt die drehbare Sternkarte auf die MEZ des vorgewählten Datums, schaut nach, welcher bekannte Stern in der oberen Kulmination ist ($t = 0$) und holt sich (wenn nicht aus der drehbaren Sternkarte direkt ablesbar) aus einem Sternatlas die Rektaszension (z) des Sternes, die nun die Sternzeit des Zeitpunktes darstellt, wegen $\theta = z$ für $t = 0$.

Hieraus ersieht man aber auch sofort, daß die Sternzeit immer eine Ortszeit ist, denn der Zeitpunkt der Kulmination eines Gestirns hängt von der geographischen Lage des Beobachtungsortes ab.

Die Schwierigkeiten bei der exakten Umrechnung von Sternzeit auf Sonnenzeit kommen daher, daß die Sonne neben ihrer täglichen Bewegung von Ost nach West infolge der Eigendrehung der Erde noch eine Verschiebung gegenüber den Fixsternen und damit auch gegenüber dem Frühlingspunkt nach Osten hin (jährliche Bewegung der Sonne) als Widerspiegelung der Erdbewegung um die Sonne zeigt. Ein Sonnentag ist das Zeitintervall von einer unteren Kulmination der Sonne zur nächsten. Diese Länge eines Sonnentages unterliegt im Verlaufe eines Jahres gewissen Schwankungen.

Die Schwankungen kommen einmal durch die Ungleichmäßigkeit der Bewegung der Erde um die Sonne in ihrer Ellipsenbahn zustande, zum anderen durch die Veränderlichkeit der Deklination der Sonne infolge der Neigung der Erdbachse gegen die Erdbahnebene. Der wahre Sonnentag ist also keine echte Zeiteinheit, da er in seiner Länge nicht konstant ist.

Man hat sich geholfen durch die Definition eines mittleren Sonnentages. Der mittlere Sonnentag entspricht der durchschnittlichen Länge aller ungleich langen

Sonnentage, die ein Jahr enthält. Obwohl der Sterntag wegen seiner fast 100%igen Unveränderlichkeit die bessere Zeiteinheit ist und demzufolge auch leichter zu handhaben, benötigen wir die Sonnenzeit, da durch die scheinbare Bewegung der Sonne der Ablauf des täglichen Lebens mit dem Wechsel von Tag und Nacht bestimmt wird.

Ein mittlerer Sonnentag wird wie der Sterntag in 24 Stunden unterteilt. 24 Stunden mittlere Sonnenzeit sind aber nicht gleich 24 Stunden Sternzeit, sondern:

$$\begin{aligned} 24^h 00^m 00^s \text{ mittlere Sonnenzeit} &= 24^h 03^m 56^s,56 \text{ Sternzeit oder} \\ 24^h 00^m 00^s \text{ Sternzeit} &= 23^h 56^m 04^s,09 \text{ mittlere Sonnenzeit.} \end{aligned}$$

Zur Umrechnung von mittlerer Sonnenzeit in Sternzeit und umgekehrt ist die Kenntnis und Beachtung folgender Punkte erforderlich:

1. Man muß die Sternzeit für irgendeinen bestimmten Augenblick an einem bekannten Ort für den Tag kennen, um den es sich handelt. Diesen Wert findet man für 0 Uhr Weltzeit (WZ) für den Meridian von Greenwich (geographische Länge $0^\circ = 0^h 00^m 00^s$) in jedem astronomischen Jahrbuch (auch im „Kalender für Sternfreunde“ von P. Ahnert). Dieser Wert soll mit Θ_0 bezeichnet werden.
2. Weiterhin muß man das seit dieser Zeit 0 Uhr WZ vergangene Intervall in der gewünschten Zeiteinheit kennen. Ist es z. B. in mittlerer Sonnenzeit gegeben, muß man es in Sternzeit umrechnen. Das kann man dem Zusammenhang entsprechend

$$24^h \text{ mittlere Sonnenzeit} = 24^h 03^m 56^s,56 \text{ Sternzeit}$$

tun. Da diese Aufgabe in der Astronomie aber sehr häufig vorkommt, findet man diese Zusammenhänge tabuliert (s. Tab. 1 und 2).

3. Wie bereits erwähnt, ist die Sternzeit in jedem Fall eine Ortszeit. Man muß also bei der unmittelbaren Umrechnung entsprechend 1. und 2. von der mittleren Orts-Sonnenzeit ausgehen, bzw. erhält diese primär bei der Umrechnung von Sternzeit in Sonnenzeit. Es ist aus diesem Grund notwendig, die geographische Länge des Beobachtungsortes genau zu kennen, um die Zonenzeit (bei uns ist es die Mitteleuropäische Zeit) in die Orts-Sonnenzeit umzurechnen.
4. Der in den Jahrbüchern gegebene Wert Θ_0 (s. unter 1.) gilt für Greenwich. Er muß darum auf den Meridian des jeweiligen Beobachtungsortes umgerechnet werden, d. h. an die Sternzeit Θ_0 muß eine von der geographischen Länge abhängige Korrektur $\Delta\Theta_0$ angebracht werden, die für Orte östlich von Greenwich negativ und für Orte westlich von Greenwich positiv ist. Die Differenz zwischen einem Sterntag und einem mittleren Sonnentag beträgt, bezogen auf einen bestimmten Meridian, $3^m 56^s,56$. Deshalb ändert sich Θ_0 von Tag zu Tag um diesen Betrag; Θ_0 ist aber eben auf Greenwich bezogen und muß um $\Delta\Theta_0$ korrigiert werden, wenn die Umrechnung für einen anderen Meridian durchgeführt wird.

Die Korrektur $\Delta\Theta_0$ berechnet sich nach

$$(2) \quad \Delta\Theta_0 = \frac{\lambda}{24} \cdot 3^m 56^s,56$$

In Tabelle 3 ist die Korrektur in Abhängigkeit von der geographischen Breite λ gegeben.

Nach dem unter Punkt 1. bis 4. gesagten, kann man die Umrechnung von MEZ auf Sternzeit formelmäßig wie folgt schreiben:

$$(3) \quad \Theta = [\text{MEZ} + (-1^h - \lambda)]_* + [\Theta_0 + \Delta\Theta_0]$$

In dieser Beziehung (3) bedeutet * als Index, daß der in Klammern stehende Betrag von mittlerer Sonnenzeit in Sternzeit umgewandelt werden muß (s. Tab. 1).

Analog zu (3) kann man die Formel für die Umrechnung von Sternzeit in mittlere Sonnenzeit wie folgt schreiben:

$$(4) \quad \text{MEZ} = [\Theta - \Theta_0 - \Delta\Theta_0] \odot + [\lambda + 1^h]$$

Das Zeichen $\odot$ als Index an der Klammer bedeutet, daß der in der Klammer stehende Betrag von Sternzeit in mittlere Sonnenzeit umzuwandeln ist (s. Tab. 2).

Nach den Beziehungen (3) und (4) kann man exakt Mitteleuropäische Zeit in Sternzeit umrechnen und umgekehrt.

Vielfach jedoch stehen die Θ_0 -Werte nicht zur Verfügung oder es ist nur eine geringe Genauigkeit von vielleicht einigen Minuten erforderlich. Man kann deshalb, da der Betrag von $\Delta\Theta_0$ in unserem Raum klein ist (nur in der Größe von einigen Sekunden), ihn bei Überschlagsrechnungen vernachlässigen.

Der Wert von Θ_0 ändert sich von Tag zu Tag um $3^m 56^s,56$. Man merkt sich leicht, daß die tägliche Änderung von Θ_0 4^m minus 4^s beträgt. Wenn man sich nun noch für das ganze Jahr vier Absolutwerte von Θ_0 merkt, kann man schnell den ungefähren Θ_0 -Wert für jeden Tag des Jahres ausrechnen. Die vier Werte des Jahres sind:

am 22. September	$\Theta_0 = 0^h 0^m$	am 22. März	$\Theta_0 = 12^h 0^m$
am 22. Dezember	$\Theta_0 = 6^h 0^m$	am 22. Juni	$\Theta_0 = 18^h 0^m$

Den Betrag, durch den man aus Zonenzeit (MEZ) Ortszeit erhält, wird durch den Beobachtungsort bestimmt, dessen geographische Lage man im allgemeinen kennt. Es soll zum Abschluß ein Beispiel gegeben werden, in dem die MEZ in Sternzeit umgerechnet wird, und zwar einmal nach der genauen Methode und zum anderen nach der Überschlagsrechnung.

Gegeben: 1970 Oktober 20., $20^h 50^m 00^s$ MEZ.

Gesucht: Die Sternzeit in Jena für den gegebenen MEZ-Zeitpunkt.

Zur Rechnung werden benötigt:

Θ_0 für den 20. Oktober 1970 = $1^h 52^m 10^s$.

Die geographische Länge Jena = $-46^m 20^s$.

$\Delta\Theta_0$ für Jena entsprechend der geographischen Länge = 8^s .

Der Gang der Rechnung:

$$20^h 50^m \text{ MEZ} = 20^h 36^m 20^s \text{ Ortszeit.}$$

$$20^h 36^m 20^s \text{ mittlere Sonnenzeit} = 20^h 39^m 43^s \text{ Sternzeit (Tab. 1).}$$

Dieses seit 0 Uhr vergangene Zeitintervall muß nun zu dem Betrag $\Theta_0 + \Delta\Theta_0 = 1^h 52^m 02^s$ addiert werden. Damit ergibt sich die Sternzeit in Jena am 20. Oktober 1970 um $20^h 50^m$ MEZ zu $22^h 31^m 45^s$.

Nach der Näherungsrechnung würde man erhalten:

$$\Theta_0 = 0^h 00^m + 28 (4^m - 4^s) = 112^m - 112^s \approx 1^h 50^m.$$

Die Zeitkonstante für Jena beträgt etwa -15^m . Man muß also $20^h 35^m$ mittlere Sonnenzeit in Sternzeit umwandeln, was nach Tabelle 1 $20^h 38^m$ ergibt. Zum Wert von Θ_0 addiert, ergibt $22^h 28^m$, (also etwa $22^h 30^m$). Dieser genäherte Sternzeitwert stimmt gut mit dem nach der genauen Methode ermittelten überein und kann für nötige Abschätzungen jederzeit benutzt werden.

Tabelle 1:

Verwandlung von mittlerer Sonnenzeit in Sternzeit

Gesucht: Sternzeit

+0 min				+1 min			+2 min			+3 min		
s	h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	s
0	0	0	0	6	5	15	12	10	29	18	15	44
2	0	12	10	6	17	25	12	22	40	18	27	54
4	0	24	21	6	29	36	12	34	50	18	40	5
6	0	36	31	6	41	46	12	47	1	18	52	15
8	0	48	42	6	53	56	12	59	11	19	4	26
10	1	0	52	7	6	7	13	11	21	19	16	36
12	1	13	3	7	18	17	13	23	32	19	28	47
14	1	25	13	7	30	28	13	35	42	19	40	57
16	1	37	24	7	42	38	13	47	53	19	53	7
18	1	49	34	7	54	49	14	0	3	20	5	18
20	2	1	45	8	6	59	14	12	14	20	17	28
22	2	13	55	8	19	10	14	24	24	20	29	39
24	2	26	6	8	31	20	14	36	35	20	41	49
26	2	38	16	8	43	31	14	48	45	20	54	0
28	2	50	27	8	55	41	15	0	56	21	6	10
30	3	2	37	9	7	52	15	13	6	21	18	21
32	3	14	48	9	20	2	15	25	17	21	30	31
34	3	26	58	9	32	13	15	37	27	21	42	42
36	3	39	9	9	44	23	15	49	38	21	54	52
38	3	51	19	9	56	34	16	1	48	22	7	3
40	4	3	30	10	8	44	16	13	59	22	19	13
42	4	15	40	10	20	55	16	26	9	22	31	24
44	4	27	51	10	33	5	16	38	20	22	43	34
46	4	40	1	10	45	16	16	50	30	22	55	45
48	4	52	12	10	57	26	17	2	41	23	7	55
50	5	4	22	11	9	37	17	14	51	23	20	6
52	5	16	33	11	21	47	17	27	2	23	32	16
54	5	28	43	11	33	58	17	39	12	23	44	27
56	5	40	54	11	46	8	17	51	23	23	56	37
58	5	53	4	11	58	19	18	3	33	24	8	48
60	6	5	15	12	10	29	18	15	44	24	20	58

s	m	s
+ 0.0	0	0
0.1	0	37
0.2	1	13
0.3	1	50
0.4	2	26
+ 0.5	3	3
0.6	3	39
0.7	4	16
0.8	4	52
0.9	5	29
+ 1.0	6	5
1.1	6	42
1.2	7	18
1.3	7	55
1.4	8	31
+ 1.5	9	8
1.6	9	44
1.7	10	21
1.8	10	57
1.9	11	34

Tabelle 3:

Korrektur der Sternzeit in Abhängigkeit von der geographischen Länge

Geographische Länge	Korrektur	Geographische Länge	Korrektur
0°	0.00	11°	7.23
1	0.66	12	7.89
2	1.31	13	8.54
3	1.97	14	9.20
4	2.63	15	9.86
5	3.29	16	10.51
6	3.94	17	11.17
7	4.60	18	11.83
8	5.26	19	12.48
9	5.91	20	13.14
10	6.57		

Tabelle 2:

Verwandlung von Sternzeit in mittlere Sonnenzeit**Gesucht: Mittlere Sonnenzeit**

s	-0 min			-1min			-2min			-3min		
	h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	s
0	0	0	0	6	6	15	12	12	29	18	18	44
2	0	12	12	6	18	27	12	24	42	18	30	56
4	0	24	25	6	30	40	12	36	54	18	43	9
6	0	36	37	6	42	52	12	49	7	18	55	21
8	0	48	50	6	55	4	13	1	19	19	7	34
10	1	1	2	7	7	17	13	13	31	19	19	46
12	1	13	15	7	19	29	13	25	44	19	31	59
14	1	25	27	7	31	42	13	37	56	19	44	11
16	1	37	40	7	43	54	13	50	9	19	56	23
18	1	49	52	7	56	7	14	2	21	20	8	36
20	2	2	5	8	8	19	14	14	34	20	20	48
22	2	14	17	8	20	32	14	26	46	20	33	1
24	2	26	30	8	32	44	14	38	59	20	45	13
26	2	38	42	8	44	57	14	51	11	20	57	26
28	2	50	55	8	57	9	15	3	24	21	9	38
30	3	3	7	9	9	22	15	15	36	21	21	51
32	3	15	20	9	21	34	15	27	49	21	34	3
34	3	27	32	9	33	47	15	40	1	21	46	16
36	3	39	45	9	45	59	15	52	14	21	58	28
38	3	51	57	9	58	12	16	4	26	22	10	41
40	4	4	10	10	10	24	16	16	39	22	22	53
42	4	16	22	10	22	37	16	28	51	22	35	6
44	4	28	35	10	34	49	16	41	4	22	47	18
46	4	40	47	10	47	2	16	53	16	22	59	31
48	4	53	0	10	59	14	17	5	29	23	11	43
50	5	5	12	11	11	27	17	17	41	23	23	56
52	5	17	25	11	23	39	17	29	54	23	36	8
54	5	29	37	11	35	52	17	42	6	23	48	21
56	5	41	50	11	48	4	17	54	19	24	0	33
58	5	54	2	12	0	17	18	6	31	24	12	46
60	6	6	15	12	12	29	18	18	44	24	24	58

s	m	s
- 0.0	0	0
0.1	0	37
0.2	1	13
0.3	1	50
0.4	2	26
- 0.5	3	3
0.6	3	40
0.7	4	16
0.8	4	53
0.9	5	29
- 1.0	6	6
1.1	6	12
1.2	7	19
1.3	7	56
1.4	8	32
- 1.5	9	9
1.6	9	45
1.7	10	22
1.8	10	59
1.9	11	35

Erfahrungen beim Fotografieren astronomischer Objekte

H. WANAGS

Die Freude an der astronomischen Beobachtung kann erheblich größer werden, wenn man in der Lage ist, das beobachtete Objekt in ausreichender Qualität selbst zu fotografieren. Da es aber leider für dieses Unterfangen keine Fachliteratur gibt, ist der Amateur-Astronom meist gezwungen, den langwierigen und durch Mißerfolge erschwerten Weg des Forschens und Erprobens zu gehen. Einige Hinweise können jedoch sehr schnell zum Erfolg führen. Die folgenden Ausführungen sollen daher besonders jungen Freunden der Astronomie eine Hilfe sein, um Fehler zu vermeiden.

Instrumentierung

Für astronomische Aufnahmen durch Amateure läßt sich bereits ein relativ kleines Schulfernrohr verwenden, das möglichst eine Nachführung besitzen sollte. Als Objekte bieten sich Sonne, Mond und Planeten an.

Scharfeinstellung

Systematische Untersuchungen ergaben, daß bei jedem Objektiv die Fokussierung frequenzabhängig ist. Man sollte sich daher sofort zum Fotografieren mit Filter entschließen. Als Filmmaterial konnte ich aus vergleichenden Aufnahmen — untersucht wurden DK 3, DK 5, NP 15, NP 20, NP 27 — NP 15 als am besten geeignet ermitteln. Mit einem Orange-Filter (z. B. OG 5) wurden das beste Auflösungsvermögen und die größte Schärfezeichnung erzielt. Die Scharfeinstellung mit Filter stimmt aber meist nicht mit der visuellen Scharfeinstellung überein. Daher ist es notwendig, eine Serie von Aufnahmen bei veränderten Okularauszug zu tätigen. Mit Hilfe des Nonius am Okularauszug läßt sich so in Auswertung der Aufnahmen die optimale Schärfereinstellung bestimmen. Man benötigt dann nicht einmal eine Spiegelreflexkamera, wenn man durch entsprechendes Erproben die Fokussierung für irgendeine andere Kamera ermittelt hat. Es reicht aus, wenn der Okularauszug von Aufnahme zu Aufnahme um 1 mm verändert wird. Als Objekte für diese Erprobung sind der Mond, Planeten oder auch Fixsterne geeignet. Im letzteren Falle liefert das kleinste Schwärzungsscheibchen die schärfste Einstellung. Die Sonne ist für diese Untersuchungen nicht geeignet.

Belichtungszeiten

Die notwendige Belichtungszeit ist von der Größe des Objektivs abhängig. Auch hier ist es unumgänglich, durch eine Serie mit unterschiedlichen Belichtungszeiten den günstigsten Wert zu ermitteln. Für Fokalaufnahmen des Mondes mit einem Objektiv 1950/130 mm ermittelte ich bei Orange-Filter $\frac{1}{2}$ sec und bei Gelb-Filter $\frac{1}{5}$ sec als Belichtungszeit. Jupiter und Saturn liefern nach 10 sec Belichtung ein brauchbares Negativ. Für Sonnenaufnahmen bei Verwendung des Chrom-Sonnenfilters genügen 1/25 sec.

Entwickeln des Filmmaterials

Als besonders wirkungsvoll zur Erzielung kräftiger Kontraste erwies sich der Röntgen-Rapid-Entwickler A 30. Wenn der Entwickler bei entsprechender Verlängerung der Entwicklungsdauer verdünnt wird, erreicht man sogar eine Feinkörnigkeit wie bei Verwendung von F 49, der Kontrast ist aber härter. NP 15 als Filmmaterial bietet noch den weiteren Vorteil, daß man bei lichtschwachen Objekten die Entwicklungsdauer beliebig verlängern kann, ohne graue Schleier wie bei NP 20 oder NP 27 zu erzielen.

Herstellen der Abzüge bzw. Vergrößerungen

Als kontrastreichsten Papierentwickler konnte ich ebenfalls A 30 ermitteln. Für Mondaufnahmen muß man notwendigerweise bei der Belichtung des Papiers die Gebiete an der Licht-Schattengrenze und die Maria abwedeln, d. h. zeitweilig verdecken, da hier sonst eine Überbelichtung auftritt.

Vergrößerte Aufnahmen

Durch Zwischenschalten eines Okulars kann bereits auf dem Negativ eine erhebliche Vergrößerung erzielt werden. Entsprechend muß aber auch die Belichtungszeit verlängert werden. Die optimale Scharfeinstellung muß für die Benutzung jedes einzelnen Okulars neu erprobt werden. Dabei ist zu beachten, daß mit dem Objekt auch die Unschärfen vergrößert werden. Die längere Belichtungsdauer bringt durch die Luftunruhe weitere Unschärfen hinzu. Bei doppelter Vergrößerung des Negativs und vierfacher Vergrößerung beim Herstellen des Bildes erzielt man z. B. weitaus bessere Ergebnisse als bei vierfacher Vergrößerung des Negativs und anschließend doppelter Vergrößerung.



Komet Bennet 1969 i. Aufnahme: Schulsternwarte Crimmitschau, 1970 April 8. 3.15...3.35 MEZ = 20 Minuten, Astro-Platte 9×12 cm, in Rodinal 1:40. Astro-Kamera 56/250 mm. 2...3, Extrahart.

R. A. 22^h29^m, Deklin. +26°28', Sternbild Pegasus. (Unter dem Kometenkopf die Spur eines Kosmos-Satelliten.)

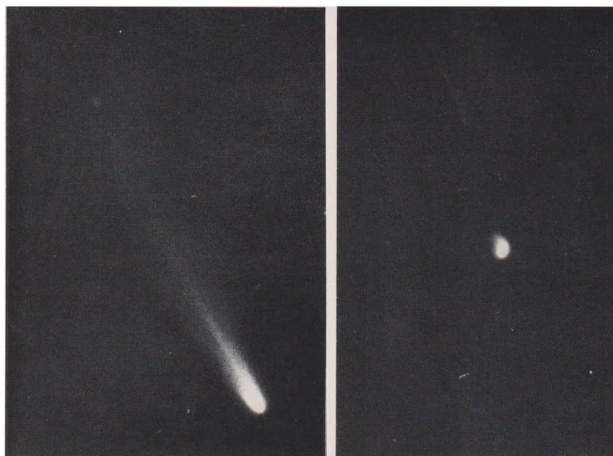
Rechts: Fokalaufnahme des Mondes am 13. 6. 1970, 21^h, durch Zeiss-Refraktor 1950/130 mm auf NP 15-Film, unter Verwendung eines Filters OG 5, Belichtungszeit $\frac{1}{2}$ Sekunde. – Unten links und rechts: Aufnahmen des Mare Imbrium am 13. 6. 1970, 21^h. Durch Zwischenschalten eines Okulars $f = 25$ mm wurde eine entsprechende Vergrößerung erreicht. Belichtungszeit: 2 Sekunden.

S. 145, oben links: Komet Bennet 1969 i. Aufnahme am 3. 4. 1970 auf Astro-Spezialplatte. Belichtungsdauer: 10 Minuten. Astro-Kamera 360/100 mm. – S. 145, oben/rechts: Kern und Koma des Kometen Bennet 1969 i, aufgenommen am 3. 4. 1970 auf NP 15 als Fokalaufnahme am Zeiss-Refraktor 1950/130 mm. Belichtungszeit: 10 Minuten. – S. 145, unten: Durchgang des Planeten Merkur vor der Sonnenscheibe am 9. 5. 1970, 10^h. Für diese Fokalaufnahme am Zeiss-Refraktor 1950/130 mm wurde NP 15-Film mit Filter OG 5 verwendet. Die Belichtungszeit betrug $\frac{1}{25}$ Sekunde, wobei die Sonnenstrahlung durch ein Chromfilter wesentlich geschwächt wurde.

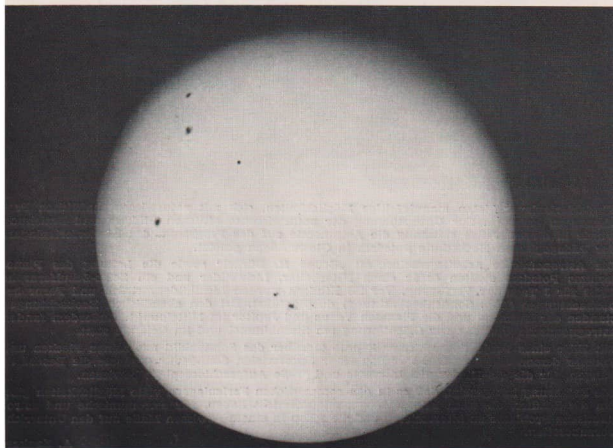
Zum Entwickeln des extraharten Fotopapiers wurde A30 (Röntgenentwickler) verwendet. Durch A30 kann man noch stärkere Kontraste erzielen als mit anderen Papierentwicklern.

H. Wanags





Aufnahmen von H. Wanags zum Beitrag Seite 141





Astronomie im Ferienlager

Kinderferienlager bieten mannigfaltige Möglichkeiten, sich mit naturwissenschaftlichen Problemen zu befassen. Zur Unterstützung der naturwissenschaftlichen Bildung und Erziehung wurde in diesem Jahre erstmalig die Astronomie auf das Programm des Kinderferienlagers der Pädagogischen Hochschule Potsdam in Glowe/Rügen gesetzt.

Die Astronomische Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“ sowie die Leitung des Planetariums Potsdam stellten dafür einen Mitarbeiter, Lichtbilder und ein Zeiss-Schulfernrohr 63/840 für 3 Tage zur Verfügung. Vor 200 Kindern wurden Lichtbildervorträge und Fernrohrbeobachtungen (Abb. Sonnenbeobachtung) durchgeführt. Bei den abendlichen Beobachtungen standen der Erdmond und die Planeten Venus und Jupiter im Mittelpunkt. Außerdem fanden astrognostische Übungen zur Orientierung am Sternhimmel und im Gelände statt.

Mit Hilfe eines Projektionsschirmes konnte tagsüber das Sonnenbild mit seinen Flecken und Fackeln demonstriert werden. Der Bau einer äquatorialen Sonnenuhr ergänzte die Beschäftigungen, für die die Kinder viel Interesse und große Aufgeschlossenheit bewiesen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß es in den sommerlichen Ferienlagern viele Möglichkeiten gibt, um die Schüler, die noch keinen Astronomieunterricht haben, für astronomische und astronautische Probleme zu interessieren und sie schon in einem gewissen Maße auf den Unterricht vorzubereiten.

A. Zenkert

Aus der Literatur

Entstanden die Mondkrater durch Meteoritenaufsturz oder durch Vulkanismus?

Wie diese allgemein interessierende Frage heute von autoritärer Stelle beantwortet wird, zeigt folgendes Zitat: „Nach dem jahrhundertalten Streit um die Entstehung der Mondkrater – exogen durch Aufsturz oder endogen durch Vulkanismus – verstehen wir heute ihre Bildung als ein meist kompliziertes Zusammenwirken von primärem Aufsturz und davon ausgelöstes endogene Kräfte. Nur bei Klein- und Kleinstkratern kommen rein endogene Kräfte (Gasvulkanismus) oder rein exogene (Aufsturz von Kleinmeteoriten) als Entstehungsmechanismus in Frage.“

Nach Mitteilungen Nr. 27 der Astronomischen Gesellschaft, 98, 1969.

Cl.

Organische Farbstoffe in der Jupiter-Atmosphäre?

In einer simulierten Jupiter-Atmosphäre haben Woeller und Ponnampuram ein Methan-Ammoniak-Gasgemisch elektrischen Entladungen als Imitation möglicher Gewitter ausgesetzt. Nach Abschluß konnten zahlreiche organische Substanzen nachgewiesen werden, von denen einige biologische Bedeutung besitzen. Ferner ist möglicherweise das Absorptionsgebiet bei 260 nm im UV-Spektrum des Planeten auf Spuren von Adenin in der Jupiteratmosphäre zurückzuführen.

Nach: Sterne und Weltraum 9, 3, 70, 1970.

Cl.

Messungen an Phobos

Eine Aufgabe von Mariner 7 war, Aufnahmen des Marsmondes Phobos aus nächster Nähe zu machen. Es gelang, Phobos auf mehreren Aufnahmen beim Vorübergang an der Marsscheibe zu identifizieren. Während der Aufnahmen hatte der Marsmond 130 900 km Abstand vom Raumfahrzeug.

Eine erste Grobauswertung der zur Erde gefunkten Phobobilder ergibt für den Marsbegleiter einen Durchmesser von 18 bis 22 km. Wenn man diesen Durchmesserwert mit der scheinbaren visuellen Helligkeit des Phobos kombiniert, erhält man einen Albedowert von 0,065. Dies ist der bisher kleinste bekannte Albedowert in unserem Planetensystem.

Nach diesen ersten Auswertungen der Phobosaufnahmen ist der Marsmond etwas größer und dunkler als bisher angenommen. Es sind aber noch die genauen Auswertungen für eine endgültige Aussage abzuwarten.

Nach: Sky and Telescope, Juni 1970.

Sm.

2 304 333 Meteore gezählt

Australische Radioastronomen zählten in einer Beobachtungsperiode von 31 Monaten Radarechos von 2 304 333 Meteoriten, die in die Erdatmosphäre eingedrungen waren. Mit der von ihnen benutzten Beobachtungseinrichtung konnten sie Meteore bis zur 8.⁰⁰ nachweisen. Aus den gezählten Meteoriten in der Zeit vom Februar 1963 bis August 1965 folgt eine mittlere stündliche Rate von 114 Meteoriten.

Aus den Zählungen folgt sehr deutlich die tägliche Variation der Einfallsrate. Die beobachtete Meteorzahl ist größer, wenn in Richtung der Erdbewegung um die Sonne beobachtet wird, als bei Beobachtung in rückwärtiger Richtung.

Die Zählungen zeigten aber auch starke Variationen über den gesamten Zeitraum. So war die Zahl der beobachteten Meteore 1963 höher als 1964, die beobachtete Zahl lag weiter in den Monaten Mai bis Juli im Jahr 1963 doppelt so hoch wie in den gleichen Monaten des Jahres 1960. 1960 waren an gleicher Stelle in Australien ähnliche Beobachtungen gemacht worden.

Die langperiodischen Variationen hängen möglicherweise mit einer veränderlichen Dichte der Hochatmosphäre der Erde durch solare Einflüsse zusammen.

Nach: Memoirs of Royal Astronomical Society, Vol. 72, Part 4, 1969.

Sm.

Feuerüberfall auf Spiegelteleskop

Das Mc-Donald-Observatorium in Texas besitzt eines der größten Teleskope der Erde mit einem Spiegel von 2,72 m Durchmesser. Kurz vor Mitternacht des 6. Februar 1970 wurde ein Feuerüberfall auf dieses Instrument verübt. Ein neu eingestellter Mitarbeiter des Observatoriums gab auf den 40 Tonnen schweren Silikatspiegel 7 (!) direkte Schüsse aus einer 9-mm-Pistole ab und schlug außerdem mit einem Hammer auf den Spiegel ein.

Diese „robuste Behandlung“ hinterließ auf dem Spiegel „nur“ einige kleine Krater von 6 bis 10 cm Durchmesser. Diese Beschädigung reduzierte das Strahlungssammelvermögen des Spiegels um ca. 1 %.

Programmaufnahmen, die in der Nacht nach dem Überfall mit dem Instrument gewonnen wurden, zeigten keine Beeinflussung und zählen nach Mitteilung des Direktors des McDonald-Observatoriums zu den besten Aufnahmen, die von einem Quasarfeld seit Arbeitsbeginn mit dem Teleskop gewonnen wurden.

Exakte Prüfungen der beschossenen Optik zeigten keine erkennbaren Veränderungen der Bildformen gegen Abbildungen vor dem Feuerüberfall.

Sm.

Nach: IAU Circular No. 2209.

Stern 23,6 Größe gemessen

Mit Hilfe des 1,55-m-Spiegels des US-Navel-Observatoriums wurde unter Verwendung einer elektronischen Kamera und Kernspur-Emulsionsplatten als Nachweismittel die Blauhelligkeit des Sternes „Baum Nr. 35“ in M 13 zu 23,1 Größenklasse gemessen.

Ein Stern in der Nähe des Sternes „Baum Nr. 35“ war mit der Nachweiseinrichtung noch meßbar. Seine Blauhelligkeit wurde zu 23,6 Größenklassen bestimmt.

Sm.

Nach: PASP 81, S. 530 (1969).

Dokumente zur Mondforschung von 1492 bis 1970

In der Sternwarte Pulsnitz wurde ein Museum zur Mondforschung eingerichtet. Es ist zur Zeit noch in Behelfsräumen unmittelbar neben dem Pulsnitzer Meteoritenmuseum untergebracht und enthält u. a.:

Die ältesten, in den „Alfonsinischen Tafeln“ enthaltenen Beobachtungen zur Bestimmung der Mondbahn. Gotischer Wiegendruck, 1492. – Die ältesten primitiven Mondzeichnungen. Aus G. Galileis „Sidereus Nuncius“, 1610. – Die älteste Mondkarte. Aus den „Disquisitiones“ von C. Scheiner, 1614. – Den ältesten Mondatlas, die „Selenographia“ von J. Hevelius, 1647. – Fast alle übrigen älteren und neuen Mondatlanten. – Die einzige Farbkarte des Mondes, 20 cm Monddurchmesser, am Fernrohr entworfen von L. Rudaux. – Einen modernen, in der UdSSR geschaffenen Mondglobus mit der Mondrückseite, 1964. – 12 großformatige Farb- und Spektralaufnahmen der Erde vom Weltraumschiff und vom Mond aus. Die Spektralaufnahmen zur Feststellung von O₂- und Erzlagerstätten und zur Erkundung der Bodenfruchtbarkeit, 1968. – 17 großformatige Farbaufnahmen von der Apollo-11-Mondlandung, 1969. – 12 großformatige Farbaufnahmen vom Mondgestein, 1970.

Eine Vitrine enthält Tektite aus den Fundgebieten CSSR, Südostasien/Australien und Nordamerika sowie Spezialliteratur über die etwaige Herkunft der Tektite vom Mond. Zwei weitere Vitrinen dokumentieren die in Pulsnitz betriebene Mondforschung. Für Studienzwecke steht die internationale Fachliteratur der letzten Jahre zur Verfügung. Das durch sein historisches Material wohl einmalige Museum soll weiter ausgebaut werden.

Cl.

Sonnenzellen für Satellitenbatterien

Sonnenzellen oder Solarzellen wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um und sichern z. B. den Energiebedarf eines Satelliten im Weltraum. Die neuen Silizium-Solarzellen BPY 73 und 74 von Siemens sind speziell für den extraterrestrischen Aufgabenbereich entwickelt worden.

Die bei der Fertigung angewandte Technik garantiert einen geringen Degradationsfaktor und damit eine wesentlich längere Funktionstätigkeit auch bei sehr energiereicher Partikelstrahlung. Da die P/N-Trennschicht unmittelbar unter der Zelloberfläche liegt, sind die neuen Typen auch äußerst empfindlich für die blaue Komponente des Sonnenspektrums.

Das Trägermaterial der Sonnzelle besteht aus mit Bor dotiertem Silizium. Sieben gleichmäßig über die Oberfläche der Zelle verteilte, parallel laufende Kontaktstreifen führen die aufgefundenen Ladungsträger zu einem breiten Querkontakt am Zellenrand.

Da die Kontaktstreifen aus einer schweißbaren Titan-Silber-Legierung bestehen, wird eine Verbindung der einzelnen Solarzellen zu sogenannten „Modulen“ oder im weiteren Zusammenbau zu Panels und in noch größeren Einheiten zu Solarbatterien wesentlich erleichtert.

Die wirksame Fläche der Sonnzelle beträgt 3,72 cm², der Flächennutzungsfaktor 92,5 %. Die BPY 74 ist besonders für den Einsatz bei hohen Temperaturen vorgesehen, wie sie bei sonnennahen Modellen von Raumsonden auftreten.

Cl.

Laserstrahl markiert Satellitenbahn

Ein neuartiger Satellitenbahn-Anzeiger, wie er ähnlich auch im Satelliten-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen (BRD) aufgebaut worden ist, wurde von Siemens entwickelt. Mit dieser Anlage ist es erstmals möglich, den Bahnverlauf und den jeweiligen Standort eines Satelliten mit Hilfe eines Neon-Gaslasers als „Projektionslampe“ auf einer Weltkarte ständig genau darzustellen. Dazu werden die Bahnparameter des Flugkörpers von einem Digitalrechner Siemens 101 in Analogsignale für ein Koordinaten-Projektionssystem umgewandelt, das mit der erwähnten Laser-„Projektion“ arbeitet. Das elektro-mechanische Ablenssystem besteht aus zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Galvanometer-Meßwerken mit zusätzlichen, festen Umlenkspiegeln. Dadurch kann der Laserstrahl in Richtung zweier Koordinaten-Achsen ausgelenkt werden. Die Bahnkurve wird flimmerfrei auf eine senkrecht angeordnete Weltkarte von 2,6 m x 2 m projiziert, die bis zu 80° nördlicher und südlicher Breite reicht.

Cl.

Nach: „Blick ins All“ 15, 6, 22/23 (1970).

Kongresse der IAF (Internationale Astronautische Föderation)

I. Kongreß Paris 1950 – II. Kongreß London 1951 – III. Kongreß Stuttgart 1952 – IV. Kongreß Zürich 1953 – V. Kongreß Innsbruck 1954 – VI. Kongreß Kopenhagen 1955 – VII. Kongreß Rom 1956 – VIII. Kongreß Barcelona 1957 – IX. Kongreß Amsterdam 1958 – X. Kongreß London 1959 – XI. Kongreß Stockholm 1960 – XII. Kongreß Washington 1961 – XIII. Kongreß Warna 1962 – XIV. Kongreß Paris 1963 – XV. Kongreß Warschau 1964 – XVI. Kongreß Athen 1965 – XVII. Kongreß Madrid 1966 – XVIII. Kongreß Belgrad 1967 – XIX. Kongreß New York 1968 – XX. Kongreß Mar del Plata 1969 – XXI. Kongreß Konstanz 1970. Ho.

Magnetfelder in Sonnennähe

Sowjetische Physiker entdeckten im sonnennahen Raum Wolken von Magnetfeldern. Die Forschungen von W. W. Witkewitsch, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, und von B. N. Panowkin, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, erfolgten in der radio-astronomischen Station des Physikalischen Instituts im Rayon Serpuchow.

W. W. Witkewitsch sagte dazu: „Wir stellten unsere Beobachtungen so ein, daß die Streuung der Radiowellen in verschiedenen Richtungen von der Sonne gemessen werden konnte, und ermittelten, daß die Suprakorona der Sonne aus radial zum Sonnenzentrum verlaufenden langgestreckten Plasmawolken besteht. In diesem sehr dünnen Medium, dessen Temperatur etwa eine Million Grad beträgt, können die sich über Hunderte von Kilometern erstreckenden inhomogenen Gebilde nur in stabilen Magnetfeldern existieren. So gelang es uns, ihre Existenz in der Nähe der Sonne exakt nachzuweisen.“

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen wurden in der Folge durch radioastronomische Untersuchungen von Wissenschaftlern in England und Australien bestätigt. Die weitere Forschung mit Hilfe von Raketen führte zu dem Schluß, daß sich die radiale Struktur der Magnetfelder auf den gesamten Raum zwischen Sonne und Erde erstreckt.

Mit Sicherheit läßt sich sagen, daß das System ‚Plasma-Magnetfeld‘ gleichsam eine Brücke darstellt, die die auf der Sonne vor sich gehenden Prozesse mit irdischen Vorgängen verbindet.

Nach: „Prawda“ vom 15. 7. 1970

Sonnenlaboratorium mißt ultraviolette Strahlen

Im astronomischen Institut der Universität Wrocław wurde unter Leitung von Prof. Dr. Jan Mergentaler eine Meßapparatur entwickelt, mit der die Kurzwellenstrahlung der Sonne bestimmt werden kann. Die Apparatur erhielt die Bezeichnung Röntgenspektroheliograph und wird in nächster Zeit in einem der sowjetischen Erdsatelliten installiert, der in den Weltraum startet.

Mit diesem „Sonnenlaboratorium“ im Innern der geophysikalischen Rakete kann man während des Flugs in den Weltraum die von der Sonne ausgestrahlten ultravioletten Strahlen, die in erheblichem Grad von der Erdatmosphäre absorbiert werden, genau untersuchen.

Das auf diese Weise in einer Höhe von etwa 100 km über der Atmosphäre aufgezeichnete „Sonnenbild“ erlaubt es, nach Rückkehr der Apparatur auf die Erde die Strahlungsintensität abzulesen. Die zur gleichen Zeit auf der Erde durchgeführten optischen Beobachtungen der Sonne ergänzen die Untersuchungen im Kosmos.

Nach: Interpress

Fortsetzung „Aus der Literatur“ S. 160 und 3. Umchlagseite

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.-Gew. Herbert Pfaffe

Einige Ergebnisse sowjetischer Raumflugkörper

KARL-HEINZ NEUMANN

Während der XIII. Plenartagung des COSPAR, die vom 20. bis 29. Mai 1970 in Leningrad stattfand, wurde u. a. von seiten sowjetischer Wissenschaftler über Instrumentierungen und Meßergebnisse sowjetischer Raumflugkörper berichtet. Es handelt sich dabei um Sonde Venus 4, 5 und 6 sowie um einige Satelliten der Kosmos-Serie. In diesem Beitrag sei zusammenfassend über das dort vorgetragene referiert. Dabei sollen nur jene Ergebnisse und Angaben Berücksichtigung finden, die bisher noch nicht veröffentlicht wurden.

Mit Kosmos 243 erfolgten Mikrowellensondierungen der Atmosphäre, der Ozeane und der Erdoberfläche. Dieser Satellit war am 23. September 1968 gestartet worden. (Astronomische Bezeichnung 1968-80 A) Kosmos 243 hat die Erde knapp 11 Tage umkreist. Sein Instrumentenbehälter mit den gespeicherten Meßwerten wurde am 4. Oktober zur Erde zurückgeführt. Damit hatte sich bei diesem Satelliten die Möglichkeit ergeben, die gespeicherten Meßwerte mit jenen, die während des Fluges zur Erde übertragen worden waren, zu vergleichen und die Genauigkeit der übertragenen Werte zu überprüfen. Für die Epoche 1968, September 23,9, gibt RAE (Royal Aircraft Establishment) die folgenden Bahnelemente an: Umlaufzeit = 89,54 Minuten, Bahnneigung = 71,29 Grad, Perigäum = 213 km, Apogäum = 293 km. (Nach TASS 210 bis 319 km) Die radiometrischen Apparaturen des Satelliten arbeiten auf den Wellenlängen 8,5; 3,4; 1,35 und 0,8 cm. Ein weiteres Radiometer arbeitete am Bereich von 10 bis 12 Mikron. Die Antennen des Satelliten waren ständig auf die Erdoberfläche ausgerichtet. Der Satellit selbst war während seines Erdumlaufes mit Hilfe von Kaltgasdüsen aktiv lagestabilisiert. Die Halbwertsbreiten der Richtdiagramme der Antennen betrugen 3,5 Grad, lediglich für die 8,5 cm-Strahlung etwa 8 Grad.

Die Meßwerte wurden während des Erdumlaufes auf Tonband gespeichert. Die Übertragung erfolgte, wenn sich der Satellit im Empfangsbereich sowjetischer Bodenstationen befand, direkt kontinuierlich, und auf Funkkommando konnten die gespeicherten Werte in schneller Folge an entsprechende Bodenstationen übertragen werden.

Mit Hilfe der Messungen im Wellenlängenbereich von 8,5 und 3,4 cm war es möglich, den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre sowie andere Charakteristika der von Ozeanen oder der festen Erdoberfläche ausgehenden Strahlung zu bestimmen. Diese Messungen erlaubten auch, die Grenzen der Vereisung in den Polargebieten sowie die Eissituation selbst zu bestimmen. Außerdem lieferten sie ein Bild über den Wolkenbedeckungsgrad der überflogenen Gebiete. Bei den Messungen mit Kosmos 243 konzentrierten sich die Wissenschaftler vor allem auf die Südhälfte der Erde.

Durch die Meßwerte in den Wellenlängenbereichen von 3,4; 1,35 und 0,8 cm ließ sich der integrale Wasserdampfkoefizient über den Ozeanen bestimmen. Ein Vergleich der Satellitenmessungen mit synchron dazu stattfindenden Radiosondenmessungen zeigte, daß die Satellitenmeßwerte eine Genauigkeit bis auf 0,2 Gramm pro cm² hatten. Bei wolkenbedeckten Gebieten ließ sich außerdem der Wassergehalt der Wolken ermitteln.

Über der südlichen Hemisphäre konnten die Grenzen zwischen trockener und feuchter Luft sehr scharf bestimmt werden. Extrem feuchte Luft ließ sich über den tropischen Regionen nachweisen. Auch im Höhenverlauf der Feuchtigkeit zeigte sich kein monotoner Verlauf; hier wurden scharfe Grenzen nachgewiesen. Als Ergebnis erhielt man direkte Feuchtigkeitskarten. Diese wurden mit den synoptischen Wetterkarten verglichen. Es zeigte sich, daß die Satellitenmeßwerte zur Gewinnung von Karten der Luftfeuchtigkeit sehr gut genutzt werden können. Die Auflösung der Feuchtigkeitskarten betrug etwa 10 km.

Die Radiostrahlungsmessungen ermöglichten ferner Temperaturbestimmungen sowie Bestimmungen des Wolkenbedeckungsgrades. Bei starker Wolkenbedeckung nutzte man vor allem die kurzwellige Radiostrahlung für die Temperaturmessungen. Ein Vergleich der Temperaturmessungen der Meeresoberfläche mit direkt gemessenen hydrologischen Werte ergab für die Satellitenmessungen eine Genauigkeit von ± 1 bis 2 Grad.

Sturmzonen zeichneten sich durch annormale hohe Radiohelligkeit aus. In der Nähe des antarktischen Kontinents ließen sich die Grenzen des Treibeises mit hoher Genauigkeit ermitteln. Es konnte ferner der Grad der Packeisbedeckung bestimmt werden. Anormal geringe Radiohelligkeiten zeigten dagegen Gletschergebiete. Hierbei stehen die Radiohelligkeiten im Zusammenhang mit Temperaturänderungen. Die Temperaturänderungsmessungen wurden vor allem über Australien, der Antarktis und der Sahara ausgeführt. In den Wüstengebieten trat vor allem die tageszeitliche Temperaturänderung deutlich zu Tage. Die Schattengrenze ließ sich direkt aus den Temperaturmessungen ableiten. Auch das Relief der Erdoberfläche trat in Form von Temperaturänderungen deutlich hervor. Aus den Temperaturkarten konnte man die Topographie eines bestimmten Gebietes erkennen. Besonders deutlich traten diese Reliefänderungen über dem Himalajamassiv und den Anden zu Tage. Bei Gebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit über Zentralafrika und dem nördlichen Teil von Südamerika war die Radiohelligkeit um 20 bis 30 % geringer.

Die Messungen im Infrarotstrahlungsbereich (8 bis 12 und 10 bis 12 Mikron) ermöglichten die Feststellung der Dicke von Wolken-schichten. Man erhielt daraus also einen Überblick über die räumliche Struktur von Wolkenfeldern. Die letztgenannten Messungen sind übrigens auch schon mit Kosmos 149 ausgeführt worden.

Zur Untersuchung der Ionosphäre der Erde wurde u. a. auch die Satelliten Kosmos 142 und Kosmos 259 eingesetzt. Mit ihrer Hilfe erfolgten Messungen der VLF-Radiowellenausbreitung (VLF = Very Low Frequencies).

Kosmos 142 war am 14. Februar 1967 gestartet worden. Er hatte die astronomische Bezeichnung 1967-13 A. Die Erde umkreiste er 142 Tage und ist am 6. Juli 1967 in dichten Schichten der Erdatmosphäre verglüht. Für die Epoche 1967, Februar 14,6, gibt RAE die folgenden Bahnelemente an: Umlaufzeit = 100,25 Minuten, Bahnneigung = 48,3 Grad, Perigäum = 200 km, Apogäum = 1336 km. Für die Epoche 1967, Mai 23,5, gelten folgende Bahnwerte: Umlaufzeit = 94,61 Minuten, Bahnneigung = 48,39 Grad, Perigäum = 197 km, Apogäum = 807 km.

Der Satellit Kosmos 259 wurde am 14. Dezember 1968 gestartet, er trägt die astronomische Bezeichnung 1968-113 A. Seine Lebenszeit betrug ebenfalls 142 Tage. Er verglühte am 5. Mai 1969 in dichteren Atmosphärenschichten. RAE gibt für die Epoche 1968, Dezember 15,8, die folgenden Bahnwerte an: Umlaufzeit = 122 Minuten, Bahnneigung = 48,40 Grad, Perigäum = 215 km, Apogäum = 1331 km. Für die Epoche 1969, Februar 22,5 gelten folgende Bahnwerte: Umlaufzeit = 97,45 Minuten, Bahnneigung = 48,38 Grad, Perigäum = 208 km, Apogäum = 1072 km.

An Bord der Raumflugkörper befanden sich VLF-Empfangsapparaturen. Von verschiedenen Sendern der Sowjetunion aus wurden auf bestimmten festen Frequenzen im Bereich zwischen 15 und 45 kHz Signale ausgestrahlt, die von den Satelliten empfangen wurden. Der Empfang der Signale erfolgte während des gesamten Erdumflugs, d. h. sowohl beim Überfliegen der Sendestationen als auch über den sogenannten konjugierten geomagnetischen Punkten. Die empfangenen Signale wurden an Bord aufgezeichnet und in schneller Folge beim Überfliegen der Bodenempfangsstationen überspielt. Gemessen wurde dabei die Signalfeldstärke. Diese Messungen wurden an verschiedenen Zeiten des Tages vorgenommen. Durch die Ionosphäre der Erde erfolgten bestimmte Veränderungen in den Signalen, die Rückschlüsse auf die Ionosphärenstruktur zuließen. Die erhaltenen experimentellen Werte wurden sowohl mit den berechneten Ionosphärenveränderungen als auch mit denen, die durch bodengebundene Sondierungen gewonnen worden waren, verglichen. In einigen Fällen war der Transmissionskoeffizient, der während des Tages gemessen wurde, um ein Vielfaches größer als der berechnete Wert. Dieser Fakt ist auf die von Tag zu Tag auftretenden Veränderungen des ionosphärischen Profils auf der Tagseite der Erde zurückzuführen.

Ein Vergleich der Meßwerte, die über der Sendestation und über dem konjugierten geomagnetischen Punkt gewonnen wurden, zeigte, daß die hauptsächlichliche Dämpfung der VLF-Signale in Höhen über 200 km erfolgt. Die Intensität der VLF-Signale, die über den konju-

gierten Punkten empfangen worden sind, ergab eine Anzahl von ausgeprägten Maxima und Minima. Diese hatten Abstände bis zu mehreren 100 km. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß in der oberen Atmosphäre Kanäle mit besonderer Leitfähigkeit existieren.

Einer der sowjetischen Kosmos-Satelliten, mit dessen Hilfe massenspektrometrische Messungen über die Zusammensetzung der F_2 -Schicht der Ionosphäre ausgeführt worden sind, war Kosmos 274. Dieser Satellit ist am 24. März 1969 gestartet worden. Er trägt die astronomische Bezeichnung 1969-28 A. Kosmos 274 hat die Erde knapp 8 Tage umrundet. Die Instrumentenkapsel des Satelliten wurde am 1. April 1969 zur Erde zurückgeführt.

Nach RAE hatte er zur Epoche 1969, März 26,2, folgende Bahnelemente: Umlaufzeit = 89,56 Minuten, Bahnneigung = 64,98 Grad, Perigäum = 206 km, Apogäum = 300 km. Untersucht wurde die Ionenzusammensetzung der oberen Atmosphäre zur Zeit des Frühjahrsbeginns. Neuartig waren ferner Meßinstrumente, die Veränderungen des elektrischen Potentials des Satellitenkörpers entlang seiner Bahn gemessen haben. Außerdem wurden die aus dem Satellitenkörper austretenden Gase, die zu einer Verfälschung der Meßwerte führen können, bestimmt.

Die vom Massenspektrometer erhaltenen Meßwerte wurden außerdem an Bord gespeichert und nach der Landung der Instrumentenkapsel mit den telemetrisch übermittelten Werten verglichen. Man fand, daß beträchtliche Beeinflussungen des Massenspektrometers oder auch anderer hochempfindlicher Sensoren durch die Ausgasung des Satelliten und durch das neutrale Gas der oberen Atmosphäre auftreten können. Die ausgeführten Untersuchungen werden helfen, Möglichkeiten zu finden, diese Fehlerquellen zu beseitigen bzw. zu eliminieren.

Auch über massenspektrometrische Untersuchungen, die mit Hilfe von Raketenanstiegen ausgeführt worden sind, wurden eine Reihe von Vorträgen gehalten. Untersucht wurde dabei die Thermosphäre. Bei einem Aufstieg nahe Wolgograd mit einer Rakete vom Typ MR-12 am 25. Juli 1969, um 4 Uhr 27 Minuten Ortszeit, setzte man ein unmagnetisches Massenspektrometer zur Untersuchung der Feinstruktur der neutralen Komponente der unteren Thermosphäre ein. Teilchen mit den Massenzahlen von 1 bis 100 konnten mit Hilfe des Spektrometers registriert werden. Entdeckt wurden folgende Komponenten: Massenzahl 14, 16, 18, 28, 32, 40 und 44. In ganz geringem Maße wurden auch Teilchen mit höherer Massenzahl registriert. Eine auffällige Häufigkeit trat für Teilchen mit den Massenzahlen 14, 16 und 18 auf. Die Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit früheren und anderen Messungen.

Bei einem Raketenanstieg über der Haiss-Insel (80 Grad, 36 Minuten Nord, 57 Grad, 03 Minuten Ost) in der Arktis wurden mit einem speziellen Radiofrequenzmassenspektrometer Untersuchungen über die Dichte des Heliums angestellt. Die MR-12-Rakete startete am 30. Oktober 1968, um 11 Uhr 58 Minuten Ortszeit. Im Höhenbereich von 145 km wurde eine Dichte von $5 \cdot 10^4$ Teilchen pro cm^3 registriert. Auch dieser Wert steht in guter Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen.

Das Verhältnis der Häufigkeit von Sauerstoff und Ozon wurde während zweier Flüge von MR-12-Raketen untersucht. Beide Starts erfolgten nahe Wolgograd, und die Messungen wurden im Höhenbereich zwischen 110 und 140 km ausgeführt. Der erste Aufstieg erfolgte am 29. März 1969, um 16 Uhr Moskauer Zeit, und der zweite am 21. April 1969, um 16 Uhr 06 Minuten Moskauer Zeit. Beim zweiten Flug konnte in Höhen unterhalb von 130 km ein zwei- bis dreifach höherer Ozonanteil festgestellt werden. Das deutet darauf hin, daß in der unteren Thermosphäre ein noch unbekannter irregulärer Dissoziationsmechanismus existieren muß.

Luftdichteuntersuchungen wurden auch auf indirektem Wege ausgeführt. Benutzt wurden dazu Kosmos-Satelliten aus dem Jahre 1967 bis 1969, die sich im Höhenbereich von 200 bis 300 km bewegten. Die überstrichenen Breiten lagen zwischen 0 und 80 Grad. Die Luftdichtewerte wurden aus den beobachteten Bahnänderungen dieser Satelliten abgeleitet. Die schon bekannte tägliche und jährliche periodische Veränderung in der Luftdichte konnte nachgewiesen werden. Auch der Anstieg in der Luftdichte, der mit der zunehmenden Sonnenaktivität einherging, wurde abgeleitet. In Übereinstimmung mit der Sonnenaktivität wurde als Maximum in der Luftdichte das erste Halbjahr 1968 gefunden.

In einem anderen Beitrag berichteten sowjetische Wissenschaftler über statistische Analysen der langperiodischen Luftdichteänderungen aus den Beobachtungen von sechs Satelliten in den Jahren von 1958 bis 1963. Dabei wurde eine charakteristische Periode der Schwankung von zwei Wochen Dauer festgestellt. Die Intensität der solaren Röntgenstrahlung im Bereich von 44 bis 60 Å, die durch Satelliten gemessen worden ist, zeigt eine ähnliche Periode über längere Zeit. Unter der Benutzung der Abbremsungsanalysen des Satelliten 1964-05 A wurden in den Jahren von 1964 bis 1966 die Luftdichtewerte bestimmt. Es zeigt sich eine Korrelation zwischen den Luftdichteschwankungen und den Intensitätsschwankungen in den angeführten Röntgenstrahlungsmessungen.

Der Satellit Kosmos 196, der am 19. Dezember 1967 gestartet worden ist, besaß eine Reihe von Ionisationsmanometern, mit deren Hilfe die Luftdichte direkt gemessen werden konnte. Nach RAE hatte der Satellit bei der Epoche 1967 Dezember 21,7, folgende Bahnelemente: Umlaufzeit = 95,42 Minuten, Bahnneigung = 48,80 Grad, Perigäum = 223 km, Apogäum = 860 km. Für die Epoche 1968, Februar 29,8, lauteten die Bahnwerte: Umlaufzeit = 94,09 Minuten, Bahnneigung = 48,73 Grad, Perigäum = 217 km, Apogäum = 735 km.

Für 1,5 Monate lieferte Kosmos 196 Meßwerte der Luftdichte. So lange dauerte seine aktive Lebenszeit. Die Erde umkreist hat er 203 Tage, er verglühte also am 7. Juli 1968. Außerdem erhielt man Angaben über den Luftdruck und die Temperatur im Höhenbereich von 225 bis 500 km. Diese Meßwerte verteilen sich auf verschiedene Stunden des Tages und zeigen auch Unterschiede in der geographischen Breite. Während der aktiven Lebenszeit gab es außerdem Schwankungen in der Sonnenaktivität und der dadurch hervorgerufenen geometrischen Aktivität. Auch hier zeigten die Meßwerte eine relativ gute Korrelation. Verglichen wurden diese Werte außerdem mit denen, die man aus passiven Satellitenbeobachtungen gewonnen hatte. Die Übereinstimmung war sehr gut.

Messungen der solaren Röntgenstrahlung bei sehr kurzen Wellenlängen wurden neben anderen auch mit Kosmos 230 angestellt. Diese Messungen beziehen sich auf die nicht von Sonneneruptionen erzeugte Röntgenstrahlung. Der Satellit Kosmos 230, der die astronomische Bezeichnung 1968-56 A trägt, wurde am 5. Juli 1968 gestartet. Er umkreiste die Erde 120 Tage und verglühte am 2. November 1968 in dichteren Atmosphärenschichten. Seine aktive Lebenszeit dauerte vom 5. Juli bis zum 20. September 1968.

Für die Epoche 1968, Juli 8,4 gibt RAE die folgenden Bahnelemente: Umlaufszeit = 92,75 Minuten, Bahnneigung = 48,40 Grad, Perigäum = 285 km, Apogäum = 543 km. Für die Epoche 1968, August 31,2, gibt RAE folgende Werte: Umlaufszeit = 92,12 Minuten, Bahnneigung = 48,37 Grad, Perigäum = 277 km, Apogäum = 487 km.

Bei Röntgenstrahlungszählern handelt es sich um Geräte, die die über die gesamte Sonnenscheibe integrierte Strahlungsintensität aufgenommen haben. Sie arbeiteten in folgenden Wellenlängenbereichen: 0,3 bis 2,1 Å; 1,7 bis 4 Å und 8 bis 14 Å. Der beobachtete Strahlungsfluß im Wellenlängenbereich kleiner als 4 Å zeigte bemerkenswerte Veränderungen innerhalb von einigen Stunden oder auch Tagen. Man verglich die Meßwerte mit simultanen Radiostrahlungsbeobachtungen und stellte eine relativ gute Übereinstimmung fest. Demnach scheint der Radiostrahlungsfluß der ungestörten Sonne mit der sehr kurzwelligen Röntgenstrahlung in enger Korrelation zu stehen. Die von der Erde aus durchzuführenden Radiostrahlungsmessungen ergeben deshalb ein brauchbares Maß für die Intensität der kurzwelligen Röntgenstrahlung der Sonne. Die Strahlungsintensitätsänderungen entsprechen außerdem den theoretisch geforderten Werten.

Interessant war die Veröffentlichung einer Reihe von Strahlungsmeßdaten, die mit Hilfe von Satelliten der Serie Molnija 1 ausgeführt worden sind. Diese Molnija-Satelliten haben als Hauptaufgabe die Funktion von Relais-Satelliten. Mit ihnen wurden aber auch Messungen über den Fluß von Elektronen im Bereich der Strahlungsgürtel der Erde ausgeführt. Mit dem am 5. Oktober 1968 gestarteten Satelliten Molnija 1-K (der zehnte Satellit dieser Serie) wurden Messungen des Flusses von Elektronen mit Energien größer als 40, 250, 500 und 800 keV und Protonen mit Energien größer als 1,5 MeV ausgeführt.

Während des Strahlungsausbruches der Sonne in der Zeit vom 29. Oktober bis 4. November 1968 konnte das Eindringen von Elektronen mit Energien größer als 250, 500 und 800 keV im Gebiet zwischen dem inneren und äußeren Strahlungsgürtel der Erde festgestellt werden. Dabei war das Eindringen von Elektronen mit Energien größer als 250 keV um mehr als das Zweifache stärker. Die magnetischen Störungen erreichten mehr als 2500 Gamma. Die Intensität der höherenergetischen Elektronen war auch während in späterer Zeit beobachteten, durch die Sonne hervorgerufenen Störungen des Erdmagnetfeldes geringer.

Mehrere Vorträge wurden von sowjetischen Wissenschaftlern über die Ergebnisse der Untersuchungen mit Kosmos 261 gehalten. Dabei handelte es sich im wesentlichen um Meßwerte von Elektronen in den Polarlichtzonen der Erde. Dieser Satellit war der erste sowjetische Raumflugkörper, der einem gemeinsamen Forschungsprogramm der Länder des sozialistischen Lagers diente. Er hatte die Bezeichnung „Kosmos der Freundschaft“. Die mitgeteilten Ergebnisse sind so umfangreich, daß hierüber in einem gesonderten Beitrag berichtet werden wird.

Die von der Sonne stammende Lyman-Alpha-Strahlung des Wasserstoffs wird bekanntlich in der Hochatmosphäre gestreut. Für die Messung dieser gestreuten Lyman-Alpha-Strahlung setzte die Sowjetunion den Satelliten Kosmos 215 ein. Er wurde am 18. April 1968 gestartet. Seine astronomische Bezeichnung lautete 1968-33 A. Für die Epoche 1968, April 24, 1, gibt RAE folgende Bauelemente an: Umlaufszeit = 91,03 Minuten, Bahnneigung = 48,41 Grad, Perigäum = 235 km, Apogäum = 403 km. Für die Epoche 1968, Mai 23,5, lauten die Daten: Umlaufszeit = 90,46 Minuten, Bahnneigung = 48,41 Grad, Perigäum = 238 km, Apogäum = 363 km. Der Satellit umkreiste die Erde 73 Tage und ist am 30. Juni 1968 in dichten Schichten der Atmosphäre verglüht.

Im Höhenbereich zwischen 240 und 400 km wurde die gesteuerte Lyman-Alpha-Strahlung sowie die Strahlung der Sauerstofflinie (Wellenlängen 1300 Å) gemessen. Die Ergebnisse dieser Messungen stehen in guter Übereinstimmung mit den theoretisch berechneten Werten über die Struktur der Hochatmosphäre der Erde (Sauerstoffgehalt und Wasserstoffgekorona, die bis rund 20.000 km Abstand reicht). Auch die Variationen der von der Sonne stammenden Lyman-Alpha- und θ -Strahlung konnten in diesen Meßwerten nachgewiesen werden.

Wenig bekannt ist, daß während des Fluges der sowjetischen Venus-Sonden auch die Intensität der solaren kosmischen Strahlung ständig gemessen wurde. So konnten durch die Sonden Venus 5 und Venus 6 zwei starke Anstiege der solaren kosmischen Strahlung in der Zeit vom 24. Januar bis 2. Februar und vom 25. Februar bis 5. März 1969 festgestellt werden. Die registrierten Teilchen waren Protonen mit Energien von mehr als 1 MeV und Elektronen mit Energien von 0,05 MeV. Beide Anstiege hatten ihre Ursache in chromosphärischen Eruptionen bzw. aktiven solaren Regionen. Sie erfolgten während der Rotationen Nr. 1853 und 1854. Außer für den Protonenstrom im Energiebereich von 1 bis 4 MeV hatten sie relativ komplizierte Formen. Bei der ersten Eruption traten fünf einzelne Intensitätsmaxima auf. Sie deuten darauf hin, daß die Teilchen auf verschiedenartigen Wegen die Meßinstrumente der Sonde getroffen haben. Interplanetare Magnetfelder sowie die Einwirkung der von den Teilchen selbst mitgeführten Magnetfelder auf erstgenannte machen die Bewegungen der Teilchenwolken sehr kompliziert. Zu unterscheiden waren direktes Eintreffen von Teilchen und das Eintreffen von Teilchenwolken, die sich hinter der Schockwelle der vorangehenden Teilchenwolke bewegten. Diese Beobachtungen weisen auf die Existenz von „magnetischen Wellen“ und „magnetischen Kanälen“ hin. Das Auftreten der Protonen im genannten Energiebereich erweist, daß es sich bei dieser Eruption trotz der unterschiedlichen Zeiten der Registrierung durch die Sonden um ein relativ kurzzeitiges Ereignis gehandelt hat.

Beim zweiten Anstieg der Strahlungsintensität in der Zeit vom 24. Februar bis 5. März konnte man feststellen, daß das interplanetare Medium und dessen Magnetfelder von quasi stationärer Struktur den Intensitätsverlauf der Strahlung in bedeutend stärkerem Maße als beim ersten Anstieg beeinflußt hat. Das integrale Spektrum der Protonen war beim Beginn der Eruption bedeutend stärker, danach wurde es wieder weicher.

Durch die Meßapparaturen von Venus 6 konnten höherenergetische Protonen registriert werden. Diese spezielle Meßapparatur hatte ihre untere Grenze bei mehr als 30 MeV. Drei Eruptionen hochenergetischer Protonen wurden hier registriert. Sie fielen auf den 21. März, 30. März und 11. April 1969. Den einzelnen Eruptionen ist der folgende Fluß von Teilchen pro cm^2 und sec zuzuordnen: 1,7; 12,8 und 177. Hervorgerufen wurden diese höherenergetischen Protonenströme durch Eruptionen von der Sonne. Es zeigte sich, daß die Zeitverzögerung des Maximalflusses vom Zeitpunkt des Auftretens der Eruption an, mit der Zunahme der östlichen Länge des Ortes der Eruption auf der Sonnenscheibe, anstieg. Der hauptsächlichste Strahlungsfluß der solaren kosmischen Strahlung bei der letzten Eruption kam nach der Schockwellenfront, die von dieser Eruption erzeugt worden ist, an. Der Strahlungsausbruch vom 11. April 1969 stammte von einer sehr intensiven Sonneneruption, die hinter dem östlichen Rand der Sonne aufgetreten ist. Aus der Struktur des Abfalls der Intensität der kosmischen Strahlung kam man zu der Auffassung, daß das interplanetare Medium hinter der Stoßwelle laminaren Charakter hat.

Aus der Analyse der Messungen der galaktischen kosmischen Strahlung und der Feldstärke des interplanetaren Magnetfeldes, die während des Fluges mit der Sonde Venus 4 gewonnen worden sind, kam man zu folgender Feststellung: Die magnetische Feldstärke steigt mit dem Intensitätsabfall der kosmischen Strahlung an. Nahe dem Intensitätsminimum konnte ein starker Abfall der magnetischen Feldstärke festgestellt werden.

Interessante Ergebnisse ergaben die Messungen der Mikrometeoriten, die durch die beiden Satelliten Kosmos 135 und Kosmos 163 gewonnen worden sind. Erstgenannter Kosmos-Satellit wurde am 12. Dezember 1966 gestartet. Für die Epoche 1966, Dezember 12.9, gibt RAE die folgenden Bahnelemente an: Umlaufzeit = 93,58 Minuten, Bahnneigung = 48,44 Grad, Perigäum = 253 km, Apogäum = 649 km. Für die Epoche 1967, April 7.8, galten folgende Bahnwerte: Umlaufzeit = 89,39 Minuten, Bahnneigung = 48,41 Grad, Perigäum = 206 km, Apogäum = 286 km. Der Satellit hatte eine Lebenszeit von 120 Tagen und ist am 12. April 1967 in dichten Schichten der Erdatmosphäre verglüht. Er führte die astronomische Bezeichnung 1966-112 A. Kosmos 163 ist am 5. Juni 1967 gestartet worden. Für die Epoche 1967, Juni 5.4, galten folgende Bahnwerte: Umlaufzeit = 93,07 Minuten, Bahnneigung = 48,38 Grad, Perigäum = 244 km, Apogäum = 611 km. Für die Epoche 1967, August 15.8, galten nach RAE die folgenden Bahnwerte: Umlaufzeit = 92,01 Minuten, Bahnneigung = 48,39 Grad, Perigäum = 247 km, Apogäum = 504 km. Der Satellit hat die Erde 128 Tage umkreist und ist am 11. Oktober 1967 in dichten Schichten der Erdatmosphäre verglüht. Seine astronomische Bezeichnung ist 1967-56 A.

Die Meßwerte früherer Satellitenflüge hatte für den erdnahen Raum eine relativ hohe Anzahl von Mikrometeoritentreffern ausgewiesen. Dutzende bis hunderte von Aufschlägen traten pro Tag auf. Die Raumsonden, die in Richtung Mond, Mars und Venus gestartet worden waren, hatten eine bedeutend geringere Mikrometeoritenhäufigkeit angezeigt. Es herrschte deshalb die Vorstellung, daß unsere Erde von einer Staubwolke eingehüllt sei. Die Beobachtungen des Zodiakallichtes schienen das zu bestätigen. Genauere Untersuchungen führten jedoch zu Widersprüchen.

Bei allen Messungen über die Mikrometeoritenhäufigkeit waren piezoelektrische Geber verwendet worden, die in den meisten Fällen am Satellitengehäuse befestigt waren. Bei Kosmos 135 wurde deshalb eines der Piezoelemente auf eine ausfahrbare Spezialplatte montiert. Diese Platte war gut gegen den Satelliten isoliert. Das zweite Piezoelement wurde wie gewöhnlich direkt an das Gehäuse des Satelliten angebracht. Letztgenanntes Meßgerät registrierte wie die

früheren eine große Zahl von Aufschlägen. Das an dem Ausleger angebrachte Gerät dagegen meldete erst nach fünf Tagen Erdumkreisung einen Treffer. Im Abstand von 10 und 20 Tagen wurden noch vereinzelte Aufschläge registriert. Die von dem am Satellitenkörper angebrachten Piezoelement registrierten Aufschläge zeigten eine Häufung, wenn der Satellit in den Erdschatten eintrat. Dabei erfolgte jeweils eine starke Abkühlung der Satellitenhaut, die zu einer Art Knistern führt. Dieses immer bei Temperaturänderungen auftretende Knistern wurde von dem Piezoelement als Mikrometeoritenaufschlag registriert.

Dieses Experiment wurde mit Kosmos 163 wiederholt. Erst danach veröffentlichten sowjetische Wissenschaftler die gewonnenen Ergebnisse. Die Teilchenhäufigkeit, die mit den an Auslegern angebrachten Piezoelementen, gemessen wurde, entspricht also der wirklichen Mikrometeoritenhäufigkeit. Die Meßwerte stehen somit auch in Übereinstimmung mit den aus Zodiakallichtbeobachtungen abgeleiteten Mikrometeoritenhäufigkeit.

Die kosmische Röntgen- und Gammastrahlung wurde mit Kosmos 208 gemessen. Er war am 21. März 1968 gestartet worden und hatte zur Epoche 1968, März 23.1 nach RAE die folgenden Bahnelemente: Umlaufzeit 89,35 Minuten, Bahnneigung 64,95 Grad, Perigäum 208 km, Apogäum 274 km. Für die Epoche 1968, März 30,6 gelten folgende Elemente: Umlaufzeit 89,09 Minuten, Bahnneigung 64,95 Grad, Perigäum 196 km, Apogäum 264 km. Kosmos 208 hat die Erde 12 Tage umkreist und seine Instrumentenkapsel wurde am 2. 4. 1968 gelandet. Er hatte die astronomische Bezeichnung 1968-22 A. Zur Ausrüstung des Satelliten gehörte ein Spektrometer mit einem Proportionalzähler, mit dessen Hilfe die kosmische Röntgenstrahlung im Energiebereich von 2 bis 35 keV gemessen werden konnte. Eine Reihe von diskreten Röntgenstrahlungsquellen konnten in den Sternbildern Aquarius, Cetus, Pisces, Pegasus und Andromeda gefunden werden. Ein anderes Spektrometer diente der Messung der hochenergetischen Gamma-Quanten in der primären kosmischen Strahlung, die aus dem galaktischen Raum stammt. Die untere Grenze des erfassbaren Energiebereichs dieser Gamma-Quanten lag bei 50 MeV. Man konnte eine Abhängigkeit der Zählrate von der geomagnetischen Breite nachweisen.

Verbesserung der Landetechnik von Apollo 12 gegenüber Apollo 11

W. D. FROMM

Die erste Landung von Menschen auf dem Mond am 21. Juli 1969 verlief erfolgreich. Es kam jedoch besonders beim Abstieg der Mondlandefähre auf die Mondoberfläche zu einigen kritischen Flugsituationen, die einen Abbruch des Unternehmens zeitweise nahelegten. Diese kritischen Phasen sollen hier erläutert und analysiert werden. Anschließend wird auf die daraus abgeleiteten Verbesserungen eingegangen, die die Mannschaft von Apollo 12 zu einer wesentlich sicheren und außerordentlich genauen Landung befähigten.

1. Schwierigkeiten bei der Landung der Mondlandefähre „Eagle“

1.1 Computeralarm

Aufbau und Anwendung des Bordrechners in der Kommandokabine des Apollo-Raumfahrzeugs ist in einem früheren Artikel ausführlich eingegangen worden. Die Mondlandefähre ist mit dem gleichen Rechengerät ausgerüstet.

Nach dem Zünden des Abstiegstriebwerks erzeugte der Bordrechner in einer Höhe von 15 km über dem Mond mehrfach Alarmsignale, die sich beim Passieren der 9-km-Höhenmarke wiederholten. Dadurch entstand eine ernste Situation, da man zu diesem Zeitpunkt noch nicht sicher war, ob der Fehler im Rechner oder in einem ihm zugeordneten Datenerfassungsgerät lag. Nach Überprüfung der durch Bahnverfolgung der Landefähre gewonnenen Daten stellte man fest, daß das vorgegebene Flugprofil eingehalten wurde. Der Fehler mußte daher außerhalb des Rechners zu suchen sein, und die Genehmigung für die Fortsetzung der Landung wurde erteilt. Wie sich herausstellte, bestand die Ursache für die Warnsignale in einer falschen Betriebsweise des Radarsystems.

Das Radarsystem der Mondlandefähre besteht aus zwei Untersystemen, dem Landeradar, der beim Landeanflug Geschwindigkeit und Höhe relativ zur Mondoberfläche ermittelt und dem Rechner zuleitet, und dem Rendezvousradar, der beim Wiederaufstieg von der Mondoberfläche die Position und Relativgeschwindigkeit der Mondlandefähre bezüglich des in der Umlaufbahn kreisenden Mutterschiffs bestimmt und dem Rechner zur Ermittlung der günstigsten Rendezvousmanöver zuführt.

Bei der Landung von Apollo 11 waren beide Systeme parallel in Betrieb. Da die Reichweite des Rendezvousradars 750 km beträgt und während des Landeanflugs der Landefähre das Mutterschiff hinter dem Funkhorizont verschwindet, mußte das Rendezvousradarsystem die Peilung zum Mutterschiff verlieren. Durch die laufenden Zugriffsversuche des Radarsystems in den Rechner wurden 15 % der Rechenkapazität gebunden. Als der mit der Einhaltung der Landebahn verbundene Operationsbedarf anstieg, war der Rechner nicht mehr in der Lage, allen Aufgaben nachzukommen. Er ging automatisch zur Prioritätssteuerung über und erzeugte die Anzeigen „1201“ und „1202“. Das bedeutet, daß der Rechner nun die Bearbeitung von Programmen niedriger Priorität ablehnt und die zugehörigen Daten abweist. Eine Überlastung des Rechners mit Daten ist somit nicht möglich, auch der Fortgang der Landeoperationen ist nicht gefährdet, da die mit der Kurseinhaltung verbundenen Programme die höchste Priorität besitzen. Im Mission Control Center in Houston herrschte über diese Sachlage nicht sofort Klarheit, wie aus der Äußerung von Flugdirektor Christopher Craft zu entnehmen ist:

„Wenn ein Computer dauernd solche Restart-Orders empfängt, so ist das eine Katastrophe. Die Besatzung bekommt auf jede Frage wirre Antworten. Da hilft eigentlich nur eines: Sofort den Geist aufgeben und das Rückstartmanöver einleiten.“

S. G. Bales, einer der im MCC anwesenden Rechnerkonstrukteure, erkannte die falsche Betriebsweise des Rendezvousradar als Ursache für den Computeralarm und veranlaßte die Besatzung, das System abzuschalten. Daraufhin ergaben sich bis zum Aufsetzen keine weiteren Schwierigkeiten mit dem Rechner.

Der später an der Einschaltung des Rendezvousradar geübten Kritik begegnete die NASA mit zwei Argumenten:

Einmal kann der Rendezvousradar bei einem Ausfall des Landeradar dessen Funktion etwa ersetzen, so daß die Landung fortgesetzt werden könnte. Zum anderen sollte bei einem notwendigen Abbruch der Landeoperation ein sofortiger Übergang zum Rendezvousmanöver ermöglicht werden. Zumindest das letztere Argument ist nicht stichhaltig, da wir oben gesehen haben, daß das Mutterschiff beim Landeanflug außer Funksicht gerät.

Bei der Landung von Apollo 12 blieb während des Landeanflugs das Rendezvousradarsystem ausgeschaltet.

1.2 Notwendiger Abbruch des automatischen Landeverfahrens

Beim Landeanflug waren die Astronauten vom Ablesen und Kontrollieren der Instrumentenanzeigen im Cockpit der Landefähre dermaßen in Anspruch genommen, daß es Neil Armstrong noch in einer Höhe von 2,4 km über der Mondoberfläche unmöglich war, das Zielgebiet klar zu erkennen und darüber hinaus die vorgesehenen Kontrollaufgaben zu erfüllen. Daher ließ er den Abstieg bis auf eine Höhe von ca. 150 m automatisch weiterlaufen, wo es Armstrong dann mit Hilfe eines Schwenkmanövers gelang, die starke Mondstaubaufwirbelung zu reduzieren und den Landeplatz klar zu sehen. Er erkannte, daß der Landort in einem für die Landefähre gefährlichen, mit bis zu 5 m großen Felsbrocken übersäten Krater liegen würde, übernahm sofort die manuelle Flugkontrolle, zog die Landefähre nochmals bis auf etwa 500 m hoch und flog sie zu einem etwa 5 km entfernten und sehr ebenen Gelände. Bei diesem Flugmanöver wurde das Flugprogramm P 66 aktiviert, das dem Piloten eine manuelle Kontrolle der Veränderung der Sinkgeschwindigkeit in 30 cm/sec-Schritten gestattet. Fluglage und Flugrichtung werden ebenfalls vom Piloten gesteuert, der Bordrechner hält die Abstiegs geschwindigkeit auf dem gewünschten Wert und steuert den Schub des Triebwerks, der die eingeplante Reserve für einen Schwebeflug zur genauen Landeplatzauswahl um 50 % auf 40 sec verringerte.

1.3 Ausfall der Funkverbindung

Trotz der doppelten Auslegung der Nachrichtenkanäle im S-Band (2,2 GHz) und im VHF-Bereich (260 MHz) kam es auch während des Abstiegs auf die Mondoberfläche mehrmals zum Abreißen der Funkverbindung. Glücklicherweise erfolgten diese Unterbrechungen nur kurzzeitig und in unkritischen Phasen der Landung. Die Ursache soll in einer schlechten Ausrichtung der S-Band-Antenne der Landefähre durch die Besatzung bestanden haben.

Auch bei den Außenbordaktivitäten auf der Mondoberfläche kam es zu Ausfällen des Funkkontaktes, die auf ein nicht völliges Aufrichten der VHF-Antenne am Versorgungstornister der Astronauten und auf ihre schlechte Sprechtechnik zurückzuführen sein sollen. Das den Mond umkreisende Mutterschiff übernahm zeitweilig die Rolle einer Relaisstation.

Zur Verbesserung der Signalqualität bei Außenbordaktivitäten wurde bei Apollo 12 eine Parabolantenne mitgeführt, die neben dem Mondlandefahrzeug aufgestellt und auf die Erde ausgerichtet wurde.

2. Verbesserung des Landeverfahrens bei Apollo 12

Die relativ große Abweichung des Landeplatzes von Apollo 11 vom geplanten Wert (Abdrift 6 km westlich, 1,5 km südlich) erschwerte auch die schnelle Auffindung des aufgestellten Laser-Reflektors, da die genaue Position des Landeplatzes erst nach einigen Wochen bestimmt werden konnte.

Wenn die künftigen Mondlandungen die Astronauten auch in geologisch interessante Gebiete mit zerklüfteter Struktur und in das Hochgebirge führen sollen, muß die Landegenauigkeit bis auf wenige 100 m verbessert werden. Hauptziel der Apollo 12-Mission war daher eine drastische Reduktion des Landefehlers. Es wurde ein Wert von ± 300 m angestrebt. Dazu waren zahlreiche Verfeinerungen der Bahnvermessung und des Landeverfahrens notwendig, die im folgenden übersichtsweise beschrieben werden.

2.1 Es ist den Astronauten in der Mondumlaufbahn nicht mehr gestattet, Abfallflüssigkeiten über Bord zu pumpen. Die dabei entstehenden Schubvektoren können zu Geschwindigkeitsänderungen von bis zu 3 cm/sec führen, die durch Summation und lange Wirkdauer zu einer merklichen Verschiebung des Startpunktes für den Abstieg führen können.

2.2 Die Manövrierfähigkeitstests der Mondlandefähre nach der Trennung vom Mutterschiff müssen auf die notwendigsten beschränkt werden. Es dürfen nur Hin- und Herbewegungen ausgeführt werden, um eine weitgehende Kompensation der entstehenden Bahnveränderungen zu erzielen.

2.3 Die Trennung vom Mutterschiff und Mondlandefähre erfolgt nicht wie bisher in Bahnrichtung mit minimalem Impuls, sondern senkrecht zu ihr. Dadurch wird eine Verringerung des Geschwindigkeitsfehlers erreicht.

2.4 Die Trennung von Mutterschiff und Mondlandefähre erfolgt einen Mondumlauf eher als bisher. Damit wird den Bodenstationen Gelegenheit zu einer nochmaligen Bahnvermessung gegeben.

2.5 Der Bordrechner enthält die Daten für die Landebahn erst kurz vor Beginn der Triebwerkszündung. Korrekturwerte werden noch 2 min nach der Zündung des Abstiegswerks übermittelt. Bei Apollo 11 wurden diese Daten schon 2 Umläufe vor der Landung überspielt.

Bei Apollo 12 kam die westliche Lage des Landeplatzes dem neuen Verfahren entgegen, da für die Datenübergabe mit 32 min die doppelte Zeit vom Auftauchen am Funkhorizont bis zur Einleitung des Abstiegs zur Verfügung stand.

2.6 Das Landeprofil wird abgeändert. In einer Höhe zwischen 2,5 km und 200 m über der Mondoberfläche wird mit geringerem Schub als bisher geflogen. Dadurch wird die 200-m-Höhenmarke mit einer um 7 m/sec höheren Sinkgeschwindigkeit passiert, es verbleiben aber für die Endphase der Landung 10 sec zusätzliche Triebwerkszeit.

2.7 Der Zielpunkt für den Bordcomputer wird leicht rechts vor den geplanten Zielpunkt gelegt. Dadurch wird dem Piloten der Landefähre eine bessere visuelle Erkennung des Landeplatzes ermöglicht. Bei Apollo 11 führte das Übereinstimmen von Computerziel und geplantem Ziel zu beträchtlichen Erkennungsschwierigkeiten.

3. Erreichtes Ergebnis

Bei Apollo 12 war der Rand des Kraters, in dem Surveyor 3 gelandet ist, zum Zielpunkt erklärt worden. Der Kraterrand wurde von den Astronauten mit hoher Genauigkeit erreicht, er soll nur um etwa 200 m überflogen worden sein. Charles Conrad gab an, daß er den Landepunkt genau ausmachen konnte, aber nicht in der Lage war, die Landefähre schnell genug zu senken, um den exakten Landepunkt zu erreichen. Flugdirektor Christopher Craft führt diesen Umstand auf die schlechte Einschätzbarkeit der Horizontalgeschwindigkeit durch die starke Staubeentwicklung in der letzten Phase des Niedergehens und das damit verbundene Zögern der Piloten vor einem schnellen Senken der Landefähre zurück. Das spiegelt sich auch in den verbliebenen Treibstoffreserven wider, die bei beiden Mondlandungen unter den geplanten Werten lagen. Gegenüber den erwarteten 2 min Reservebrenndauer verblieben bei Apollo 11 nur 42 sec (40 sec wurden durch das vorherige außerplanmäßige Flugmanöver verbraucht) und bei Apollo 12 nur 73 sec Reservezeit. Man hofft, durch Training und Simulation diese Werte bei künftigen Flügen verbessern zu können.

Neil Armstrong ist bei der in letzter Minute erfolgten Kursänderung zweifellos seine in vielen Testpiloten Jahren erworbene große Erfahrung und Kaltblütigkeit zu gute gekommen. Auf Grund dieses Vorfalls und der starken Beanspruchung der Astronauten mit reinen Flugaufgaben sind Zweifel geäußert worden, ob Wissenschaftler jemals die erfahrenen Testpiloten aus dem Cockpit der Landefähre werden verdrängen können. Einige der dafür vorgesehenen Wissenschaftler sind aus diesem Grunde bereits vom Apolloprogramm zurückgetreten. Nur bei einer weiteren Verbesserung und Automatisierung der Landetechnik können auch relativ ungeübte und in Flugoperationen unerfahrene Wissenschaftler eine exakte Mondlandung ausführen. Der Landeanflug würde bis über den Zielpunkt vollautomatisch ablaufen, die Besatzung der Landefähre sollte lediglich im Schwebeflug eine Endauswahl des Landeplatzes vornehmen und die Landefähre aufsetzen.

Durch den Ausfall von Apollo 13 ist es fraglich, ob wie geplant mit Apollo 15 die ersten Wissenschaftler zum Mond fliegen werden. Auf jeden Fall kann das Apolloprogramm erst dann wissenschaftlich voll befriedigen, wenn es gelingt, Wissenschaftler auf die Mondoberfläche zu bringen und dort experimentieren zu lassen.

Westeuropäische NASA

PROF. Dr. G. REINTANZ

Daß die amerikanischen Nachrichtensatelliten Gewinn abzuwerfen beginnen, ist bekannt; das Geschäftsjahr 1969 schloß für Comsat, die USA-Gesellschaft zum Betrieb von Nachrichtensatelliten, nach ihrem Bericht vom 20. April 1970 an den Präsidenten der USA mit einem Reingewinn von 7,1 Millionen Dollar ab. Der Bedarf an Fernmelde- und Fernsehsatelliten wird in den nächsten Jahren stark anwachsen. Die direkte Fernsehsendung von Satelliten in den Heimempfänger und der Aufbau von Bildungsfernseh-Systemen über Satelliten für Entwicklungsländer wird gegen Ende der siebziger Jahre einen neuen beträchtlichen Markt für den Raketen- und Gerätebau eröffnen. „Dicke Gewinne“ verhiieß der Düsseldorf „Industriekurier“ vom 28. Juli 1970 den beteiligten Wirtschaftszweigen für die Zukunft. Dieses Geschäft wollen sich die westeuropäischen, insbesondere aber die westdeutschen Industrieunternehmen nicht entgehen lassen. Die Amerikaner sollen das Geschäft nicht allein machen, und im Hintergrund stehen die Japaner.

In Brüssel trafen sich im Juli 1970 die Vertreter von 13 westeuropäischen Regierungen zu ihrer 4. Raumfahrtkonferenz. Um an der kommerziellen Nutzung des Weltraumes teilzuhaben, sollen die nationalen Bemühungen stärker als bisher geprobt werden. Eine Art westeuropäischer NASA soll geschaffen werden. Die in Westeuropa bestehenden Raumfahrtorganisationen ESRO (Bau von Geräteträgern) und ELDO (Raketenbau) werden mit der CETS (Fernmeldeverbindungen über Satelliten) vereinigt. Die Entwicklung der sogenannten „Europa“-Raketen wird trotz der Fehlstarts von „Europa I“ weiterbetrieben, man will noch einmal zwei Milliarden D-Mark in einen verbesserten „Europa-III“-Typ investieren. Für Projektstudien für je einen Nachrichten-, Navigations- und Wettersatelliten sollen 100 Millionen D-Mark aufgewendet werden. Vordringlich sollen die Anwendungssatelliten behandelt werden, aber man will auch Forschungssatelliten bauen.

Und schließlich wurde über das Post-Apollo-Programm beraten, das die USA gerne mit einer finanziellen Beteiligung Westeuropas verwirklichen möchten. Die Amerikaner boten den Westeuropäern an, sich an der Entwicklung einer Raumfähre Space Shuttle und eines Raumschleppers (Space Tug) zu beteiligen; beide Projekte sollen nach 1980, wenn es bemannte Weltraum-Dauerstationen geben wird, große Bedeutung erlangen. Die Westeuropäer sollen sich mit etwa einer Milliarde D-Mark beteiligen.

Der belgische Forschungsminister Lefèvre wurde beauftragt, zusammen mit zwei Engländern und zwei Franzosen in Washington nähere Einzelheiten zum Post-Apollo-Programm zu erkunden. Auch soll er in Erfahrung bringen, ob die Amerikaner Trägerraketen für kommerzielle Satelliten zu verkaufen bereit sind. Bisher ging das Gerücht um, die Amerikaner wollten keine Trägerraketen verkaufen. „Offiziell haben wir die Amerikaner nie gefragt“, gestand laut „Spiegel“ Nr. 14/1970 ein Bonner Beamter. Lieber gaben die ELDO- und ESRO-Mitglieder sieben Milliarden D-Mark in den letzten Jahren für Raketen- und Minisatellitenentwicklungen aus und begründeten den Milliardenaufwand, den letztlich die Steuerzahler zu tragen haben, damit, daß die Amerikaner keine geeigneten Trägerraketen für kommerziell nutzbare westeuropäische Nachrichtensatelliten zur Verfügung stellen. In Wahrheit ging es darum, Westeuropa, vor allem Westdeutschland, zu einer selbständigen Raketenmacht aufzubauen.

Im November will man sich erneut in Brüssel treffen und hören, was Lefèvre in Washington erkundet hat. Bis dahin muß sich auch die konservative Regierung in London entschieden haben, ob sie sich an den neuen Vorhaben beteiligen will: der Labour-Regierung waren die Raketenexperimente zu teuer geworden. Jedenfalls sollen im November 1970 endgültig die Weichen gestellt werden.

Wird Venus 7 neue Fragen aufwerfen?

HERBERT PFAFFE

Es gibt keinen zweiten Planeten unseres Sonnensystems, der mit astronomischen, radartechnischen und raumfahrttechnischen Mitteln so intensiv erforscht worden wäre wie der Planet Venus. Das hat sicher zwei Gründe:

1. Venus ist der erdnächste Planet des Sonnensystems
2. Der Nachbarplanet schien der Erde in mancher Hinsicht relativ ähnlich zu sein.

Das ergab sich schon von seiner Größe her.

Insgesamt acht interplanetare Raumstationen haben bisher die Venus erreicht oder sind in ihre Nähe gelangt: die sowjetischen Venus-Sonden 1 — 6 und die amerikanischen Venus-Sonden Mariner II und Mariner V. Dieser Reigen wurde am 12. 2. 1961 durch den Start der sowjetischen Venus-Sonde (1) eröffnet.

Seit der sowjetischen Venus-Sonde (4) und der amerikanischen Mariner (II) liegen Meßergebnisse aus der unmittelbaren Umgebung der Venus oder aus ihrer Atmosphäre bis hinab zu den oberflächennahen Schichten vor. Die sowjetischen Venus-Sonden 4 — 6 sind nach der Methode der weichen Landung tief in die Venusatmosphäre eingedrungen und haben aus dieser Meßergebnisse zur Erde gefunkt. Seit August befindet sich die sowjetische Venus-Sonde 7 auf dem Wege zu unserem Nachbarplaneten. Die neue automatische Station ist auf Grund der mit den Vorgängern gesammelten Erfahrungen vervollkommen worden.

Die gesamte Entwicklung und der Einsatz dieses Typs sowjetischer Raumflugkörper dienten der wissenschaftlichen und technischen Vervollkommenung von Experiment zu Experiment. Nach der Auswertung des Experimentes mit Venus 2 und 3, deren Flug fast gleichzeitig erfolgte, wurden z. B. neue Halbleiter entwickelt. Sie wurden in die Sendeanlagen eingebaut und waren ab Venus 4 den extremen Bedingungen auf der Venus weit besser gewachsen, als das bei den Halbleitern der Fall war, die in den früheren Venus-Sonden verwendet wurden.

Für Venus 4 wurde während des Fluges dieser Station ein Double auf der Erde aufgestellt, das in einer großen evakuierten Halle unter fast gleichen Strahlungs- und anderen Verhältnissen den Flug und die jeweiligen Situationen der Weltraumreise nachahmte, so daß auf Grund der ständigen Kontrolle des Doubles sogar Reparaturen an Venus 4 bzw. ihrem Istrumentarium während des Fluges zum Nachbarplaneten hätten vorgenommen werden können. Eine solche Maßnahme wurde aber dank des hohen Reifegrades der Entwicklung der automatischen Station nicht erforderlich, so daß man ab Venus 5 wieder auf ein solches Double verzichten konnte.

Es ist anzunehmen, daß man von dem Experiment mit Venus 7 die Bestätigung der Temperaturmessungen und der Angaben über die Druckverhältnisse in der Venus-Atmosphäre, die von Venus 5 und Venus 6 mit 500 bis 600°C und 140 atm angegeben wurden, erwartet. Frühere Werte schwankten bezüglich der Temperaturen zwischen 280°C (Venus 4) und 480°C (Mariner-Sonden). Noch größer waren die Unterschiede bezüglich der Druckmessungen. Hier wurden Werte zwischen 5 und 200 atm nach Auswertung der Ergebnisse der Mariner-Sonden und solche von 22 atm, die von Venus 4 gemessen wurden, genannt.

Interessant sind die durch Radarmessungen und Raumsonden erzielten Ergebnisse der Durchmesserbestimmungen. Während der scheinbare visuelle Durchmesser der

Venus im Jahre 1964 von De Vaucouleur mit 12 240 km — bei einem Unsicherheitsfaktor von ± 15 km — angegeben wird, ermittelte man mit neueren Radarmessungen einen solchen von 12 112 km. Die Durchmesserbestimmungen, die von den Raumsonden vorgenommen wurden, ergaben eine Größe von $12\,160 \pm 20$ km. Es ist der bisher wahrscheinlichste Wert.

Man kann heute sagen, daß durch den Einsatz der Raumflugkörper ein neues Kapitel in der Venus-Forschung aufgeschlagen wurde, daß diese Sonden einige Vermutungen über die physikalische Beschaffenheit der Venus bestätigten, andere widerlegten und dazu eine Fülle neuer Probleme aufwarfen. Manche hätten ohne die Raumfahrtforschung nie gelöst werden können, so z. B. das optische Phänomen, der sogenannte Schröter-Effekt, der von dem deutschen Astronom Schröter 1793 entdeckt wurde.

Die Halbphase (Dichotomie) der Venus sollte nämlich aus geometrischen Überlegungen genau zur Zeit der größten Abweichungen des Planeten von der Sonne eintreten. In Wirklichkeit ist die beobachtete Halbphase regelmäßig um mehrere Tage verschoben. Durch die Untersuchungen mit Raumflugkörpern wurde bestätigt, daß diese Erscheinung durch Lichtbrechungs- und Streueffekte hervorgerufen wird, die durch eine zusätzliche Wolkendecke, die auch für die hohen „Treibhaustemperaturen“ auf der Venus verantwortlich ist, verursacht wird. Ebenso wissen wir heute, daß das sogenannte „aschgraue“ Licht der Nachtseite des Planeten durch eine diffuse Streuung in den inzwischen nachgewiesenen sehr dichten unteren Atmosphäreschichten des Planeten verursacht wird.

Ein weiteres, noch nicht völlig gelöstes Problem ist die Bestimmung der Rotationszeit. Die neueren Werte liegen zwischen 220 und 280 Tagen. Dagegen ergaben UV-optische Rotationsbestimmungen erneut kurze Rotationsdauern zwischen 4 und 5 Tagen. Daraus ist zu schließen, daß die allein den Radarmessungen zugängliche feste Oberfläche des Planeten sehr langsam rotiert, während sie zum Ausgleich der z. T. starken Temperaturdifferenzen zwischen Tag- und Nachtseite ein Zirkulationssystem aufweist, bei dem regelmäßige Strömungsgeschwindigkeiten von über 80 m/s auftreten.

Nach den bisherigen Radarbeobachtungen wird flüssiges Wasser auf der Venus ausgeschlossen. Abgesehen davon, daß es bei der hohen Temperatur sofort verdampfen müßte, liegt die Dezimeterwellenalbedo von Wasser bei 0,5, während die der Venus etwa 0,1 beträgt. Die Venusoberfläche scheint verhältnismäßig glatt und detailarm zu sein, wobei allerdings in einigen Gebieten des Planeten rauhe Formationen (Gebirge?) bis zu 8 km Höhe vorkommen.

Aus der Literatur

Rätsel der Venusatmosphäre

Gegenwärtig gibt es mehrere Modelle vom Bau der Venusatmosphäre. Die Untersuchung der Verteilung der Radiohelligkeit der Venusscheibe, die vor einigen Jahren von Astronomen in Pulkowo und auch von Bord des Raumschiffes Mariner 2 vorgenommen wurde, hat die Hypothese, die Venus habe eine kalte Oberfläche und eine heiße Ionosphäre, widerlegt.

Mehrere Astronomen in Pulkowo untersuchten neuerdings die Absorption von Radiowellen im Millimeterbereich durch die heiße Oberfläche der Atmosphäre des Planeten. Die dabei gewonnenen Befunde stimmen am besten mit der Annahme überein, daß die Radiowellen im Millimeterbereich von einer dichten oberflächennahen Schicht, nicht aber von seiner Wolkendecke absorbiert werden. Die Beobachtungen erfolgten mit dem großen Radioteleskop von Pulkowo auf der Wellenlänge von 8 mm. Danach ist auch anzunehmen, daß in der Venusatmosphäre kaum starke Winde auftreten.

Nach: „Priroda“ Nr. 5/1970

Röntgensterne

Die ersten Ergebnisse der Röntgenastronomie wurden im Jahre 1948 gewonnen. Damals registrierte man zum ersten Male die Röntgenstrahlung der Sonne, und seitdem hat die Röntgenastronomie der Sonne große Fortschritte gemacht.

Zur Messung der Röntgenstrahlen ist es notwendig, bis an die Grenze der Atmosphäre oder darüber hinaus aufzusteigen. Das geschieht mit Ballons, Raketen und künstlichen Satelliten.

Die Röntgenastronomie der Sonne ist die erste Etappe. In der zweiten Etappe, die in den sechziger Jahren begann, wendet sich die Röntgenastronomie anderen kosmischen Objekten zu. Es stellte sich heraus, daß es am Himmel Quellen von Röntgenstrahlen gibt (wir wollen sie bedingt als „Röntgensterne“ bezeichnen), die viele Milliarden Mal stärker sind als die ruhige Sonne. Daher liefern diese Hunderte und sogar Tausende von Lichtjahren entfernten Röntgenquellen Strahlungsströme, die von einer irdischen Röntgenapparatur registriert werden können.

Ein großer Teil der Sterne sind Doppelsterne, die sich umeinander drehen. In manchen Fällen ist der Abstand zwischen den beiden Sternen sehr gering und die Geschwindigkeit, mit der sie sich umeinander drehen, außerordentlich groß. Mit dem geringen Abstand steht offensichtlich der Mechanismus ihrer Röntgenstrahlung in Verbindung. Wir wollen uns einmal vorstellen, daß sich eine zweite Sonne zu unserer Sonne gesellt. Sie ist bekanntlich eine Gas-kugel, was zur Folge hat, daß das Gas von der leichteren zur schwereren Komponente strömen würde. Und solche starken Gasströme fließen von dem einen Stern zum andern; dabei erhitzt sich das Plasma, und so entsteht die Röntgenstrahlung der Doppelsterne.

Ein zweiter Fall, bei dem Röntgenstrahlung zu beobachten ist, ist der Crabnebel. Im Jahre 1054 flammte in unserer Galaxis eine Supernova auf: ein Stern explodierte. Von ihm blieb nur die Hülle übrig, die sich mit einer Geschwindigkeit von annähernd 1000 km pro Sekunde bewegt. Heute bildet diese Supernova den Crabnebel, der im optischen Wellenbereich sichtbar ist, aber auch Röntgenstrahlen aussendet.

Im Zentrum des Nebels sind zwei kleine Sterne erkennbar, die man im Prinzip als Reste der Supernova ansehen konnte. Das war jedoch nur schwer zu beweisen. Wenn auf einer Aufnahme vom Crabnebel in ihm zwei Sterne zu sehen sind, so bedeutet das nicht, daß sie sich innerhalb des Nebels befinden. Außerdem blieb unklar, welcher der beiden Sterne der Rest der Supernova ist. Dennoch sprachen Baade und Minkowski bereits 1942 die Vermutung aus, daß einer der beiden Sterne dieser Rest ist. Sie begründeten das mit dem ungewöhnlichen Spektrum dieses Sterns sowie mit der Tatsache, daß er sich in einem gewissen Aktivitätszentrum des Crabnebels befindet.

Die Hypothese der amerikanischen Wissenschaftler fand Anfang 1969 ihre Bestätigung im Zusammenhang mit der Entdeckung der Pulsare. Die Pulsare wurden im Radiowellenbereich entdeckt, und auch im Crabnebel fand sich ein Pulsar.

Das Auflösungsvermögen eines Radioteleskops ist jedoch nicht so groß, daß eine Entscheidung der Frage, welcher der beiden Sterne im Crabnebel der Pulsar ist, ermöglicht. Durch Beobachtungen im sichtbaren Bereich konnte jedoch dann nachgewiesen werden, daß gerade der bereits im Jahre 1942 als Rest der Supernova „verdächtige“ Stern der Pulsar ist. Dieser kleine Stern im optischen Bereich hat keine kontinuierliche Strahlung, sondern eine Impulsstrahlung. Dreißigmal pro Sekunde strahlt er auf, während er in den Zwischenzeiten faktisch keine Strahlung aussendet. Diese Intervalle, die das eine Aufflammen vom nächsten trennen, sind jedoch so kurz, daß es unmöglich ist, sie mit den alten Methoden festzustellen. Der Stern wird mit Hilfe von Fotoapparaten untersucht. Die seine Strahlung in einem ziemlich langen Zeiteabschnitt summieren, und niemand hat jemals einen Stern nur eine dreißigstel Sekunde lang gesehen.

In unserem Fall wußte man jedoch, wie der Stern im Radiowellenbereich strahlt, und beobachtete ihn daher mit optischen Mitteln im Abstand einer dreißigstel Sekunde. Auf diese Weise entdeckte man die optischen Pulsare. Es stellte sich heraus, daß der gleiche Stern auch ein Röntgenpulsar ist, der mit derselben Periodizität Röntgenstrahlung aussendet.

Demnach ergab sich folgendes Bild: Im Zentrum des Crabnebels befindet sich ein Pulsar, ein sehr dichter und kleiner Neutronenstern, der mit großer Geschwindigkeit – dreißigmal pro Sekunde – rotiert. Dieser Stern hat ein Magnetfeld, in dessen Nähe die Teilchen beschleunigt werden und Röntgenstrahlung liefern. Im vorliegenden Falle ist eine Röntgenstrahlung zweier Typen zu beobachten: die periodische des Pulsars und die kontinuierliche des gesamten Crabnebels.

Wir kennen heute in unserer Galaxis Dutzende von Röntgenquellen. Außerdem ist auch eine Röntgenquelle bekannt, die sich außerhalb unserer Galaxis befindet. Das ist Deva A, die sehr starke Radiowellen, aber auch Röntgenstrahlen aussendet. Wahrscheinlich werden in naher Zukunft noch weitere extragalaktische Röntgenquellen entdeckt werden. Die Röntgenastronomie, ein Bereich, der heute bereits festen Boden unter den Füßen hat, verlangt eine völlig neue Methodik.

Akademienmitglied W. L. Ginsburg in „Nedelja“, 13/70, nach Presse der SU, 59/70.

Astronomie und Raumfahrt

19063

2m 31052

1/69

1 2179

H.D. Heinrich

Charlottenstr. 15

111-Berlin

JD.
3.2.72



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt

	Seite
Struktur und Entwicklung des überschaubaren Universums · Dr. J. Dorschner	161
Zur Auswahl des Lehrstoffes für den Astronomieunterricht · Dr. Klaus Lindner	169
Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1971 · Dr. Siegfried Marx	172
513 Mondkrater erhielten Namen	176

Aus der Literatur

Weltall und Unendlichkeit	183
---------------------------	-----

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Über die Sichtbarkeitsbedingungen von Erdsatelliten · Wolfgang Strubell	186
Aktuelle Fragen für die Praxis des Weltraumrechts · Prof. Dr. G. Reintanz	189
Satellitenfernmeldedienste	190
Mehrsprachige Fernsehbegleittonübertragungen bei Fernsehsatelliten · H. D. Naumann	192

Die üblichen 4 Bildseiten fallen in diesem Heft zugunsten vermehrten Textes weg.

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

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1970 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: Druckhaus Freiheit Halle, Zentrale Lehrwerkstatt, 402 Halle (Saale), Geiststraße 22.

Struktur und Entwicklung des überschaubaren Universums

Dr. J. DORSCHNER

1. Einleitung

Für die Untersuchung des Universums als materielle Gesamtheit ist die Kosmologie zuständig. Gegenstand dieser Disziplin im Grenzbereich zwischen Physik und Astronomie sind also die Erscheinungsformen der Materie im Kosmos, ihre großräumige Anordnung und ihr Bewegungszustand, weiterhin die geometrischen Eigenschaften des kosmischen Raumes sowie die in ihm ablaufenden physikalischen Prozesse und schließlich die Entwicklung des gesamten überschaubaren Universums.

Die empirische Grundlage der Kosmologie bildet im wesentlichen das von der extragalaktischen Astronomie gelieferte Beobachtungsmaterial. Anhand dieser astronomischen Fakten versucht die theoretische Kosmologie, ausgehend von den bekannten Grundgesetzen der Physik, die uns umgebende Welt im Großen modellmäßig zu beschreiben. Astronomische Beobachtungen dienen dann wiederum dazu, von den von der theoretischen Kosmologie bereitgestellten Weltmodellen dasjenige auszuwählen, das dem realen Universum am nächsten kommt. Betrachten wir zunächst die empirische Seite der Kosmologie.

2. Beobachtungsgrundlagen der Kosmologie

2.1 Sternsysteme

Im Jahre 1926 konnte der bekannte amerikanische Astronom Hubble erstmalig beweisen, daß einige der diffus leuchtenden Gebilde am Himmel nicht zum Milchstraßensystem gehörende Nebelmassen sind, wie bis dahin allgemein vermutet wurde, sondern weit entfernte selbständige Milchstraßensysteme darstellen. Viele dieser extragalaktischen Sternsysteme weisen die Form einer Spirale auf und wurden daher schon früher als „Spiralnebel“ bezeichnet. Seit ungefähr zwanzig Jahren ist bekannt, daß auch das Milchstraßensystem, zu dem die Sonne im Verein mit einigen 10^{11} anderen Sternen gehört, gleichfalls eine solche Spiralstruktur aufweist.

Daneben gibt es elliptische und auch irregulär aussehende Sternsysteme, die wahrscheinlich noch weit häufiger sind als die Spiralen, aber wegen ihren meist geringen Helligkeiten und Abmessungen nur bis in relativ geringe Entfernungen nachgewiesen werden können.

Außer diesen klassischen Objekten, in denen anscheinend ein großer Teil der Materie im Universum konzentriert ist, kennt man heute noch andere in kosmologischen Entfernungen auftretende Materieansammlungen. Besonders zu erwähnen sind die Radiogalaxien, deren Lichtausstrahlung von der Energiefreisetzung im Bereich der Mikro- und Radiowellen wesentlich übertroffen werden kann und die auch durch andere Eigenschaften von den normalen Sternsystemen abweichen. Besondere Sternsysteme sind weiterhin die nach ihrem Entdecker benannten Seyfert-Galaxien, die durch sehr kleine und helle Kerne auffallen, deren Spektren auf eine starke innere Aktivität hinweisen. Den Kernen dieser Seyfert-Galaxien verwandt sind wahrscheinlich auch die erst im vergangenen Jahrzehnt entdeckten Quasare, die auf Grund ihrer großen Energiefreisetzung bis in Entfernungen von rund 10 Milliarden Lichtjahren nachgewiesen werden konnten.

Die integralen Eigenschaften der genannten Objekte, in denen wir die Grundbausteine des Universums sehen, können durch folgende Werte charakterisiert werden: Ihre Massen liegen zwischen 10^9 und 10^{12} Sonnenmassen, ihre Leuchtkräfte zwischen dem 10^8 - und 10^{13} -fachen der Sonnenleuchtkraft, während ihre Durchmesser im Bereich von 0,5 bis 50 kpc (1 kpc = 1 Kiloparsek = 3263 Lichtjahre) reichen.

2.2 Materiedichte

Statistische Untersuchungen der Anzahlen der beobachteten Sternsysteme zeigen, daß sich in einem Würfel von der Kantenlänge 1 Mpc (1Mpc = 1 Megaparsek = 1000 kpc) ungefähr 2 Galaxien befinden. Denkt man sich das Material dieser Objekte über den gesamten Raum „verschmiert“, dann würde sich eine mittlere Dichte von 10^{-31} bis 10^{-30} g/cm³ ergeben. Dieser Wert braucht jedoch noch nicht identisch mit der tatsächlich vorhandenen Materiedichte zu sein, weil lediglich die in Sternsystemen organisierte Materie erfaßt wurde. Möglicherweise existiert aber noch diffus verteiltes Gas zwischen den Sternsystemen (sogenannte intergalaktische Materie), das sich bisher dem Nachweis entzog. Unklar ist heute auch noch, welchen Anteil an der Massenbilanz die sicher vorhandene Korpuskularstrahlung einnimmt. Die elektromagnetische Strahlung im Universum, die hauptsächlich von der 3-K-Strahlung gebildet wird, trägt, wenn man ihre Energiedichte über die Einsteinsche Masse-Energie-Relation (Energie = Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit) in Massendichte umrechnet, nur sehr wenig bei. Das von den Astronomen heute überschaute Universum wird eindeutig vom Stoff und nicht von der Strahlung geprägt.

Der Wert, den wir eben als mittlere Materiedichte im überschaubaren Teil der Welt deklarieren, wurde unter einer wesentlichen Voraussetzung abgeleitet, die keineswegs selbstverständlich ist. Wir gingen nämlich davon aus, daß der kosmische Raum ziemlich gleichmäßig mit Sternsystemen erfüllt ist, daß also Homogenität vorliegt. Nun zeigt sich aber unter den Sternsystemen eine Tendenz zu Haufenbildung. Auch das Milchstraßensystem gehört beispielsweise einem solchen Galaxienhaufen, der Lokalen Gruppe, an. Es gibt sogar Anzeichen, daß sich solche Galaxienhaufen zu übergeordneten Systemen gruppieren. Sollte sich dieses Aufbauprinzip in immer größere Bereiche fortsetzen, sollte also die Welt im Großen hierarchisch anstatt homogen strukturiert sein, dann wäre die oben angeführte Dichte lediglich ein lokaler Wert, der sich auf das Innere eines solchen Superhaufens bezieht, in dem sich der durch die Reichweite der heutigen Teleskope zugängliche Bereich des Universums befindet. Die abgeleitete Materiedichte hätte dann wenig kosmologische Aussagekraft. Allerdings gibt es z. Z. weder für eine durchgehende Homogenität des Kosmos, noch für einen hierarchischen Aufbau schlagende Beweise. Viele Forscher betrachten aber die Voraussetzung der Homogenität als eine akzeptable Näherung.

2.3 Expansion des Kosmos

Im Jahre 1929 konnte der bereits erwähnte Astronom Hubble anhand eines umfangreichen Beobachtungsmaterials beweisen, daß die Spektren der extragalaktischen Nebel systematisch zum Roten hin verschoben sind. Diese Rotverschiebung erwies sich umso größer, je weiter das betreffende System von uns entfernt ist. Bezeichnet man die Wellenlänge einer im Spektrum eines Sternsystems vermessenen Spektrallinie mit λ , die Wellenlänge der gleichen Linie, die man unter Laborbedingungen erhält, mit λ_0 , dann besagt die berühmte Hubblesche Beziehung

$$C \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = C \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = H_0 r \quad (1)$$

wenn r die Entfernung in Mpc und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Hubble-Konstante H_0 besitzt einen Wert, der je nach Bestimmungsmethode zwischen 75 und 113 km/s/Mpc liegt.

Auf Grund theoretischer Überlegungen nimmt man heute an, daß die Beziehung (1) wahrscheinlich nur für nicht zu große Werte der Rotverschiebung $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ gilt. Für kleine Rotverschiebungswerte ist übrigens die linke Seite von (1) identisch mit der Radialgeschwindigkeit, d. h. sie gibt an, wie schnell sich das Sternsystem längs der Sichtlinie von uns entfernt. Die größten beobachteten Rotverschiebungen erreichen bei den Galaxien den Wert $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = 0,46$, bei den Quasaren sogar 2,38. Für derart große Werte tritt an die Stelle des einfachen Zusammenhanges (1) eine komplizierte Beziehung, in die die speziellen Eigenschaften des zu Grunde gelegten Weltmodells (s. Kapitel 3) eingehen.

Bereits Hubble hat das Phänomen der allgemeinen Rotverschiebung in heutiger Sicht richtig interpretiert, nämlich als Doppler-Effekt. Die Hubble-Beziehung ist in diesem Sinne so zu verstehen, daß sich der gesamte kosmische Raum zwischen den Sternsystemen „aufbläht“, so daß sich jedes System von jedem anderen entfernt. In zwei Dimensionen läßt sich dieser Vorgang an einem einfachen Beispiel gut veranschaulichen. Man stelle sich einen Luftballon vor, der mit Tupfen versehen ist, die Sternsysteme markieren, während die gesamte Luftballonhülle den (in diesem Falle zweidimensionalen) kosmischen Raum darstellt. Beim Aufblasen des Ballons würde ein (zweidimensionaler) Astronom in einem der (Tupfen-)Sternsysteme folgende Beobachtung machen: Alle Systeme rund herum entfernen sich von ihm; ihre positive Radialgeschwindigkeit ist umso größer, je weiter sie von ihm entfernt sind, weil sich einfach die Dehnungsbeträge der dazwischen liegenden Hülle aufsummieren. Der zweidimensionale Astronom im Luftballonhüllen-Kosmos würde also eine ähnliche Beziehung finden wie sein dreidimensionaler Kollege in unserem Kosmos. Wir verweisen an dieser Stelle bereits auf einen weiteren Aspekt dieses einfachen Beispiels, der erst im Kapitel 3 aktuell sein wird. Die Luftballonhülle ist nämlich ein positiv gekrümmter zweidimensionaler Raum, der unbegrenzt, aber nur endlich groß ist.

Allem Anschein nach verläuft die Expansion des Universums in allen Richtungen gleichmäßig, die Welt im Großen verhält sich also, wenigstens näherungsweise, isotrop.

2.4 „Ur-Helium“ und Drei-Grad-Kelvin-Strahlung

Verfolgt man die Vorstellung von der Expansion des Kosmos in die Vergangenheit zurück, dann drängt sich sofort die Frage auf, in welchem physikalischen Zustand sich die Weltmaterie früher befunden haben muß. Aus der beobachteten Expansionsrate läßt sich abschätzen, daß der heutige Zustand des überschaubaren Universums aus einem Zustand extrem hoher Dichte und Temperatur vor einigen Jahrmilliarden hervorgegangen sein muß, der vergleichbar mit der Materie im Sterninneren ist. Zu dieser Zeit bestand offenbar die Möglichkeit für Kernfusionsprozesse in universellem Maßstab, bei denen z. B. Heliumkerne aus solchen des Wasserstoffs aufgebaut werden konnten. Eine gewisse Stütze erhielt diese Vorstellung dadurch, daß die ältesten Sterne des Milchstraßensystems bereits relativ viel Helium enthalten. Da es nach dem heutigen Stand der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne beliebig unwahrscheinlich ist, daß dieses Helium aus den zentralen Gebieten des Sterns, in denen ja bekanntlich gleichfalls Wasserstoff zu Helium „verbrannt“ wird, nach außen diffundiert ist, bleibt nur die Alternative, daß es im Ausgangsmaterial bereits enthalten war. Es lag daher nahe, in diesem Heliumanteil das in der heißen und dichten Vergangenheit des Universums gebildete „Ur-Helium“ zu sehen.

Im Jahre 1965 sollte diesem bescheidenen Hinweis auf den extremen Zustand der Weltmaterie ein nahezu perfekter Indizienbeweis folgen. Die beiden Radioastronomen Penzias und Wilson entdeckten nämlich, daß das uns umgebende Universum wie ein Hohlraum strahlt, dessen absolut schwarze Wände sich auf einer Temperatur von 3 K befinden. Das Maximum dieser isotrop einfallenden (in der Sprechweise der Physiker) „schwarzen“ Strahlung liegt bei Wellenlängen von etwa 1 mm. Die Gesamtintensität der Drei-Grad-Kelvin-Strahlung ist etwa hundertmal so groß wie das von den Sternsystemen in den Weltraum abgestrahlte sichtbare Licht. Theoretische Überlegungen, die übrigens bereits mehr als 20 Jahre vor der Entdeckung dieser Strahlung von dem Astrophysiker Gamow angestellt wurden, zeigen, daß es sich um ein direktes Überbleibsel jener extrem energiereichen Gammastrahlung handelt, die das Universum erfüllte, als die Materie in ihm heißer und dichter war als im Sterninnern. Durch die Expansion des Raumes wurden auch die Wellen dieser Strahlung immer länger und erreichten schließlich Milliarden Jahre später den Bereich der Mikrowellen. Im Abschnitt 3.3 werden wir uns noch etwas genauer mit dem Zustandekommen der Hintergrundstrahlung beschäftigen.

2.5 „Weltalter“

Unsere Sichtung der Beobachtungstatsachen der empirischen Kosmologie wollen wir mit einigen Betrachtungen zum sogenannten „Weltalter“ abrunden. Darunter versteht man das Alter des überschaubaren Universums in seiner jetzigen Form bzw. den zeitlichen Abstand des heutigen Zustandes von jenem extremen Zustand, auf den wir im letzten Abschnitt gestoßen waren. Dieser für die Kosmologie so wichtige Parameter läßt sich auf dreierlei Weisen grob abschätzen: Das „Weltalter“ muß erstens größer sein als das Alter der ältesten Sterne des Milchstraßensystems. Es muß zweitens mindestens so groß sein wie das Alter der chemischen Elemente, das sich auf dem Wege über den radioaktiven Zerfall bestimmter Isotope ermitteln läßt. Schließlich erhält man einen ungefähren Wert für das Weltalter, wenn man mit Hilfe der heute beobachteten Expansionsrate (Hubble-Konstante) auf den Beginn des Phänomens zurückrechnet.

Die drei genannten Methoden definieren die drei fundamentalen astronomischen Zeitskalen, nämlich die Zeitskala der Sternentwicklung, die des radioaktiven Zerfalls und die der Expansion des Universums. Anschaulich ausgedrückt sind durch die eben erwähnten Prozesse dem Astronomen drei natürliche Uhren in die Hand gegeben, auf denen er, ausgerüstet mit dem notwendigen physikalischen Wissen, die Zeit ablesen kann, die seit dem Ingangsetzen dieser Uhren verflossen ist. Das Aufregende an dieser Sache ist nun, daß alle drei Uhren ungefähr die gleiche Zeit anzeigen, nämlich rund 10 Milliarden Jahre. Soviel Zeit sollte also seit einem einschneidenden kosmologischen Ereignis vergangen sein, das die Theoretiker mit dem Begriff „kosmologische Singularität“ bezeichnen und das wir in den nächsten Abschnitten genauer betrachten werden.

3. Theoretische Kosmologie

3.1 Gravitation und Raumkrümmung

Wie wir im Kapitel 2 sahen, ist der gesamte überschaubare kosmische Raum samt Inhalt in Bewegung. Auf der Suche nach Kräften, die Ursache dieser Bewegung sind bzw. sie steuern, stößt man zwangsläufig auf die Schwerkraft, die als einzige der den Physikern bekannten weitreichenden Kräfte für diese Aufgabe in Frage kommt.

Seit fast 300 Jahren ist die Schwerkraft durch das Newtonsche Gravitationsgesetz ein quantitativ gut beschreibbares Phänomen. Geringfügige Abweichungen von diesem Gesetz zeigten sich erst in neuerer Zeit. Ihrem Wesen nach blieb die Gravitation allerdings bis ins 20. Jahrhundert hinein unverstanden. So ist die

Schwerkraft im Gegensatz zu anderen physikalischen Kräften in keiner Weise beeinflussbar und tritt stets nur mit einem Vorzeichen auf. Diese grundlegenden Eigenschaften der Gravitation führten Einstein im Jahre 1915 dazu, die Schwerkraft im Rahmen der allgemeinen Relativitätstheorie auf die allgemeinsten Kategorien, die es in der Physik gibt, nämlich auf die geometrischen Eigenschaften des Raum-Zeit-Kontinuums zurückzuführen. Das Raum-Zeit-Kontinuum ist der sich aus der Zusammenfassung der drei räumlichen Dimensionen und der Zeit ergebende vierdimensionale (mathematische) Raum, in dem sich das physikalische Geschehen besonders einfach beschreiben läßt.

Anstelle des bekannten Newtonschen Gravitationsgesetzes treten in der Einsteinschen Gravitationstheorie zehn Gleichungen, die die Schwerkraft genauer beschreiben und ihr Wesen deutlicher werden lassen. Symbolisch geschrieben haben die Einsteinschen Gleichungen des Gravitationsfeldes folgende Form:

$$(\text{Geometrie des R-Z-K}) = K (\text{Phänomenologie der gravitierenden Materie}) \quad (2)$$

Links steht ein mathematischer Ausdruck, der die Größen der sogenannten Metrik enthält, also jene „Kennziffern“, die die geometrischen Eigenschaften des Raum-Zeit-Kontinuums festlegen. Mit diesem nur geometrische Größen enthaltenden Ausdruck wird durch die Einsteinsche Gravitationskonstante K auf der rechten Seite ein mathematischer Ausdruck verknüpft, der die Parameter enthält, die die im Raum-Zeit-Kontinuum befindliche Materie phänomenologisch charakterisieren, z. B. alle Arten von Energiedichten (einschließlich der Massendichte), Drücke und Spannungen, Energieströmungen. Anschaulich besagt dieses Gleichungssystem, daß die rechts auftauchenden physikalischen Parameter die Raumstruktur und den Zeitablauf beeinflussen. Die 10 Größen der Metrik können als Gravitationspotentiale angesehen werden. Eine davon ist bis auf einen Faktor identisch mit dem Newtonschen Potential. Die Einsteinschen Gleichungen enthalten die Newtonsche Gravitationstheorie als Spezialfall für schwache Schwerefelder und relativ zur Lichtgeschwindigkeit kleine Geschwindigkeiten.

Nach diesem kühnen „Geometrisierungsvorschlag“ Einsteins ist also die Schwerkraft darauf zurückzuführen, daß die Anwesenheit von Materie den Raum krümmt und den Zeitfluß verändert. Stellen wir zur Verdeutlichung einmal die Einsteinsche der Newtonschen Betrachtungsweise gegenüber. Nach Newton bewegt sich ein Körper in der Nähe einer großen Masse deswegen anders als in großer Entfernung von ihr, weil das Gravitationspotential in beiden Abständen unterschiedliche Werte besitzt. Nach Einstein rührt dieser Unterschied im Bewegungsverhalten daher, daß der Raum in der Nähe der „gravitierenden“ Masse stärker gekrümmt ist und die Zeit langsamer abläuft als in großer Entfernung.

Die Einsteinsche Gravitationstheorie ist aber auch genauer als die Newtonsche; sie kann Effekte erklären, bei denen die letztere versagt. Beispiele dafür sind die Periheldrehung des Planeten Merkur und eine Reihe anderer himmelsmechanischer Effekte, die Lichtablenkung am Sonnenrand und die Rotverschiebung im Schwerefeld. Während die Kleinheit der erwähnten Effekte leicht die Meinung aufkommen läßt, daß sich die Bedeutung der Einsteinschen Gravitationstheorie darin erschöpft, an die entsprechenden Werte der Newtonschen geringfügige Korrekturen anzubringen, wird bei ihrer Anwendung auf kosmologische Probleme erst die volle Tragweite der Einsteinschen Konzeption sichtbar.

Da das Universum einen Massen- und Energieinhalt besitzt, wird der Weltraum im Großen gekrümmt sein. Von dieser allgemeinen Raumkrümmung merken wir im täglichen Leben nichts, selbst im Labor sind ihre Auswirkungen heute noch nicht meßbar. Nur in der Nähe großer Massen, wo der Raum stärker als im Durchschnitt gekrümmt ist und der Zeitfluß träger vor sich geht als der mittlere kosmische Zeitablauf, treten meßbare Effekte auf, z. B. die erwähnte Periheldrehung des sonnen-

nächsten Planeten. Wir neigen daher stark dazu, unsere Alltagserfahrungen über Geometrie, die seit mehr als 2000 Jahren in den Grundsätzen der euklidischen Geometrie fixiert sind, zu verabsolutieren und bedenkenlos auch in kosmologische Bereiche zu übertragen. Seit rund 100 Jahren konnten aber die Mathematiker, vor allem Riemann, zeigen, daß die euklidische nur eine der möglichen Geometrien ist, nämlich die für den ebenen ungekrümmten statischen Raum. Daneben sind nicht-euklidische Geometrien denkbar, denen positiv oder negativ gekrümmte Mannigfaltigkeiten zu Grunde liegen, die also für Räume gelten, in denen die Winkelsumme im Dreieck beispielsweise nicht 180° beträgt. Ein zweidimensionaler positiv gekrümmter Raum ist z. B. die Kugeloberfläche, auf der sich Dreiecke konstruieren lassen, deren Winkelsumme bis zu 270° betragen kann, während man z. B. auf der Oberfläche eines hyperbolischen Paraboloids, die einen zweidimensionalen negativ gekrümmten Raum darstellt, leicht Dreiecke entwerfen kann, deren Winkelsumme wesentlich kleiner als zwei Rechte ist! Wir haben hier aus Anschaulichkeitsgründen zweidimensionale Beispiele gewählt, weil man sich dreidimensionale gekrümmte Räume nur stückweise anschaulich vorstellen kann. In erkenntnistheoretischer Hinsicht sehr wesentlich ist die Schlußfolgerung, die wir aus diesen Beispielen ziehen können, daß nämlich ein zweidimensionales Wesen, das in einem der beiden angeführten Räume verschiedenen Krümmungsvorzeichens lebt und mathematisch gebildet ist, sich über die Krümmungsverhältnisse einer Welt durchaus Klarheit verschaffen kann, z. B. durch das Nachmessen der Winkel in einem Dreieck. Genauso muß sich prinzipiell auch die Beschaffenheit des kosmischen Raumes, in dem wir leben, durch geeignete astronomische Beobachtungen aufklären lassen. Vorzeichen und Betrag der Raumkrümmung des Universums zu ermitteln, ist daher eine der Hauptaufgaben der kosmologischen Forschung.

3.2 Friedmannsche Weltmodelle

Bereits 1917 wandte Einstein seine Gravitationstheorie auf kosmologische Probleme an, erzielte aber zunächst keinen eindrucksvollen Erfolg, weil er an der Vorstellung festhielt, der Raum müsse unbedingt statisch sein. Fünf Jahre später kam der sowjetische Mathematiker Friedmann auf die wahrhaft revolutionisierende Idee, die bis dahin als unumstößlich geltende Voraussetzung einer statischen Welt fallenzulassen. Friedmann erhielt aus den Einsteinschen Gleichungen Modelle für die geometrische Beschaffenheit und das dynamische Verhalten des Universums, die so ungewöhnliche Eigenschaften aufwiesen, daß seine Zeitgenossen zunächst keine Notiz davon nahmen; selbst Einstein traute diesen Ergebnissen nicht, korrigierte sich aber zwei Jahre später.

Friedmann ging davon aus, und einige Jahre später unabhängig von ihm der belgische Astrophysiker Lemaitre, daß die Weltmetrik zeitabhängig ist. Er setzte weiterhin homogenen und isotropen Aufbau der Welt voraus, nahm also maximale Symmetrie der Metrik des Raum-Zeit-Kontinuums an. Unter diesen Voraussetzungen gilt für den Abstand zweier Punkte im Raum-Zeit-Kontinuum, ds,

$$ds^2 = R^2(t) d\sigma^2 - c^2 dt^2, \quad (3)$$

wenn $Rd\sigma$ den rein räumlichen Abstand zweier Punkte in einem dreidimensionalen Raum konstanter Krümmung, dt den rein zeitlichen Abstand, $R(t)$ einen zeitabhängigen Skalenfaktor und c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Wegen der vorausgesetzten Isotropie sind alle drei räumlichen Richtungen mit dem gleichen Skalenfaktor R versehen. Die Homogenität kommt darin zum Ausdruck, daß R nur von der Zeit, nicht aber vom Ort abhängt. Der Ausdruck c^2/R^2 beschreibt übrigens die Raumkrümmung. Ist sie positiv, so liegt ein sich schließender sphärischer Raum vor (in zwei Dimensionen wäre das genau die Kugeloberfläche) und die Größe R ist der Radius dieses Raumes, kosmologisch ausgedrückt, der „Weltradius“. Ist c^2/R^2 negativ, dann schließt sich der Raum nicht. Man bezeichnet aber diesen Raum trotzdem als sphärisch und ordnet ihm rein formal den imaginären Radius iR zu.

Als Friedmann mit dem Ansatz (3) in die Einsteinschen Gleichungen einstieg – er benutzte sie in ihrer einfachsten Gestalt, in der der leere Raum keinerlei Gravitationseigenschaften besitzt – erhielt er für R zwei grundsätzlich verschiedene Abhängigkeiten von der Zeit, die zwei Gruppen von Weltmodellen definieren. Im ersten Fall ergab sich ein positiv gekrümmter Weltraum, dessen Radius R zwischen 0 und einem Maximalwert periodisch schwankt, also ein zwar unbegrenztes, aber nur endlich großes, pulsierendes Universum. Wir erinnern an unser in Abschnitt 2.3 benutztes zweidimensionales Beispiel. Nur müßten wir uns jetzt den Luftballon periodisch aufgeblasen und zusammenfallend vorstellen.

Im zweiten Falle ergab sich ein beständig expandierender, negativ gekrümmter Raum, der sowohl unbegrenzt als auch zu jedem Zeitpunkt unendlich groß ist. Friedmann gelangte somit zu der sehr wichtigen Schlußfolgerung, daß die Einsteinschen Gleichungen sowohl mit positiv als auch mit negativ gekrümmten Räumen (sogar mit solchen der Krümmung 0!) verträglich sind, jedoch muß man ein Zusatzglied in die Gleichungen einführen, durch das auch bereits dem leeren Raum Gravitationseigenschaften zugeordnet werden. Auf die Problematik dieses sogenannten kosmologischen Gliedes gehen wir hier nicht ein.

Die Entdeckung Hubbles aus dem Jahre 1929 zeigte schließlich, daß die Annahmen Friedmanns und Lemaitres berechtigt waren. Aufgabe der Astronomen war es nun, Entscheidungskriterien zu finden, welcher Modelltyp dem realen Universum am nächsten kommt. Die kosmologischen Theoretiker andererseits sind natürlich bestrebt, von den starken Idealisierungen, z. B. der Voraussetzung von Homogenität und Isotropie, abzurücken, also nicht nur sphärische Räume zuzulassen. In den letzten Jahren wurden vor allem physikalische Prozesse in der Nähe des Punktes $R = 0$, der sogenannten kosmologischen Singularität, diskutiert, die im ersten Modell periodisch, im zweiten einmalig auftritt. Auch Lösungen der Feldgleichungen Einsteins mit kosmologischem Glied wurden häufig erwogen. Bevor wir uns etwas näher mit den physikalischen Prozessen in Singularitätsnähe beschäftigen, auf die wir ja bereits im Kapitel 2 des öfteren eingingen, wollen wir einige interessante Beziehungen der Friedmannschen Kosmologie aufschreiben, anhand deren der interessierte Leser sich selbst einige bemerkenswerte Eigenschaften dieses Modell-Universums ableiten kann.

Bezeichnet man den heutigen Wert des „Weltradius“ (oder Skalenfaktors) mit R_0 , die heute beobachtbare Hubblekonstante mit H_0 (diese Größe ist nämlich bei den Friedmannschen Weltmodellen gar keine Konstante, sondern ebenso wie der „Weltradius“ zeitlich veränderlich), dann gilt zwischen beiden der Zusammenhang:

$$\frac{C^2}{R_0^2} = H_0^2(2q_0 - 1). \quad (4)$$

q_0 ist der sogenannte Beschleunigungsparameter, der angibt, in welchem Maße die kosmische Expansion langsamer wird. Aus Gleichung (4) folgt sofort: Ist $q_0 \leq 1/2$, dann ist die links stehende Raumkrümmung $c^2/R^2 \leq 0$. Der Fall $q_0 = 1/2$ beschreibt den ebenen, nichtstatischen Fall. Zwischen der heute von den Astronomen beobachteten mittleren Materiedichte ϱ_0 und den Parametern H_0 und q_0 sollte nach Friedmann der Zusammenhang

$$\varrho_0 = \frac{3H_0^2 q_0}{4\pi G} \quad (5)$$

bestehen, wenn G die Newtonsche Gravitationskonstante bezeichnet. Wie man sieht, ist es grundsätzlich möglich, aus Gleichung (5) die Größe q_0 und somit nach Gleichung (4) die Raumkrümmung bzw. den „Weltradius“ zu bestimmen. Leider ist die Bestimmung der mittleren Dichte der Materie im überschaubaren Universum noch so problematisch (s. Abschnitt 2.2), daß man heute nicht sagen kann, ob das

uns umgebende Universum – vorausgesetzt, die Friedmannschen Weltmodelle sind eine gute Annäherung an die Wirklichkeit – endlich ist und pulsiert, oder unendlich ist und beständig expandiert.

Der zeitliche Abstand zweier aufeinander folgender Singularitätsphasen beim pulsierenden Universum, die „Weltperiode“ oder das „kosmologische Jahr“ hängt gleichfalls nur von den Größen H_0 und q_0 ab:

$$P = 2\pi \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}} \quad (6)$$

Wie die Beziehungen (4) bis (6) zeigen, sind die wesentlichen Parameter in den Friedmannschen Weltmodellen die Größen H_0 und q_0 . Die sorgfältige Bestimmung dieser Größen ist daher eine der wichtigsten Aufgaben der empirischen Kosmologie.

3.3 Physikalische Prozesse in der Nähe der Singularität

Ein wesentliches Charakteristikum der Friedmannschen Kosmologie ist das Auftreten von Singularitäten, also jener Zeitpunkte, bei denen der „Weltradius“ gegen 0 und die Raumkrümmung gegen ∞ gehen. Wenn aber der Raum so stark „zusammengeschnürt“ wird, muß natürlich die Dichte der in ihm enthaltenen Materie (gleichgültig, ob sie als Stoff, also in Form von Teilchen, oder als Strahlung, d. h. in Form von Wellen, vorliegt) extreme Werte annehmen und die Temperatur gleichfalls unbeschränkt wachsen. Da aber die heute bekannten physikalischen Gesetze sicher nicht für beliebig hohe Dichten und Temperaturen gelten, kann man nicht sagen, was eigentlich genau zum Zeitpunkt der Singularität mit der Weltmaterie passiert. Man kann lediglich abschätzen, wie sich die Materie beim Annähern bzw. beim Verlassen dieses Zustandes verhalten wird.

Um uns ein möglichst anschauliches Bild machen zu können, welche Prozesse vor etwa 10 Milliarden Jahren abliefen, als sich der heutige Zustand des Universums aus dem extremen Zustand nahe der kosmologischen Singularität heraus entwickelte, beschreiben wir die Vorgänge nur qualitativ. Ungefähr 10^{-5} s nach der Singularität lag die Dichte der Weltmaterie bei rund 10^{20} g/cm³, und die Temperatur betrug mehr als 10^{12} K. Die Weltmaterie bestand unter diesen extremen Bedingungen, gegenüber denen die im Sterninneren herrschenden geradezu „harmlos“ zu nennen sind, hauptsächlich aus äußerst kurzweilliger Gammastrahlung. Zwischen den in wesentlich geringerem Umfang vorhandenen Protonen, Antiprotonen, Neutronen, Antineutronen, Elektronen, Positronen u. a. Elementarteilchen und den Quanten der dominierenden Gammastrahlung bestand ein Gleichgewichtszustand. Pro Zeiteinheit wurden ebenso viele Teilchenpaare aus Gammastrahlung „erzeugt“, wie durch Zerstreuung „vernichtet“ wurden.

Durch die im Vergleich zu heute viel schneller erfolgende Expansion des Raumes nahm der „Weltradius“ explosiv zu. Während also der Raum „aus den Nähten platzte“, verringerte sich natürlich die Dichte der Weltmaterie entsprechend schnell. Mit der rapiden Dichteabnahme sank gleichfalls die Temperatur. Während die Zahl der Gammaquanten bei der Expansion erhalten blieb, wurden sie immer energieärmer, weil ihre Wellenlänge – wie alle Abstände in der Welt – proportional dem „Weltradius“ R anwuchs. Rund 10 s nach der Singularität hörte die Paarherzeugung generell auf, weil die Energie der Gammastrahlung zu gering geworden war. Die in der Welt vorhandenen Teilchenpaare vernichteten sich; jedoch scheint die Materie die Antimaterie mengenmäßig etwas übertroffen zu haben, so daß nach dieser Zerstreuung ein Restbestand an Elementarteilchen übrig blieb, der im folgenden den Weltstoff repräsentierte. Das Gleichgewicht zwischen Stoff und Strahlung hörte auf, beide können jetzt getrennt betrachtet werden.

Im weiteren Verlauf der Expansion nimmt die Strahlungsdichte wie bisher mit $1/R^4$ ab, während die Stoffdichte nur mit $1/R^3$ kleiner wird. Nach ungefähr 10 bis 100 s

sind die Bedingungen im Weltsubstrat schon so gemäßigt, daß sich Atomkerne bilden können. Wahrscheinlich wird jetzt einige 100 s lang aus Protonen und Neutronen das „Urhelium“ aufgebaut. Die ständig abnehmende Dichte und Temperatur bringen aber auch das kosmische „Elementekochen“ rasch zum Erliegen. In den nächsten Minuten, Stunden, vielleicht auch Jahren entstehen wahrscheinlich jene Inhomogenitäten, aus denen später die Sternsysteme herauswachsen. Möglicherweise bilden sich auch die „Keime“ der Sternsysteme schon früher aus. Über die Bildung der Sternsysteme weiß man heute erst sehr wenig.

Einige zehn-, vielleicht auch einige hunderttausend Jahre lang dominiert noch die Strahlung, dann beginnt die langsamer abnehmende Stoffdichte die Strahlungsdichte zu übertreffen. Die Expansionsgeschwindigkeit ist inzwischen beträchtlich langsamer geworden. Wenn die Temperatur der Strahlung 10 000 K unterschreitet, können die Protonen, Heliumkerne und möglicherweise anderen Atomkerne Elektronen anlagern. Die letzte Komponente des Stoffes, die Elektronen, verlieren damit ihren engen Kontakt mit der Strahlung. Aus dem jetzt vorliegenden neutralen Gas entstehen dann verstärkt die Sternsysteme. Nach rund 10 Milliarden Jahren schließlich hat die Expansionsgeschwindigkeit den durch die heute beobachtete Hubble-Konstante charakterisierten Wert erreicht, die Materiedichte ist bis auf die Größenordnung gefallen, die die Astronomen heute zu bestimmen versuchen, und die Strahlung hat die Temperatur 3 K erreicht und liegt im Mikrowellengebiet.

So stellt sich heute den Kosmologen die Entwicklung des Universums dar. Es soll betont werden, daß das hier entworfene Bild stark vereinfacht ist und auf der heute allgemein akzeptierten Meinung beruht, daß die Friedmannsche Kosmologie eine brauchbare Beschreibung der Natur darstellt. Sicher werden noch viele Details an diesem Bild zu ergänzen oder zu korrigieren sein. Es dürfte aber bereits eine tragfähige Ausgangsbasis für das Ringen um ein Verständnis der von den Astronomen gelieferten Beobachtungsdaten über die Welt im Großen darstellen.

Zur Auswahl des Lehrstoffes für den Astronomieunterricht

Dr. KLAUS LINDNER

Mit diesem Beitrag informieren wir die Betreuer astronomischer Schülerbeobachtungspraktika über die wesentlichen Probleme, die bei der Auswahl des Lehrstoffes für den Astronomieunterricht zu beachten sind. Gleichzeitig soll damit die lehrplangerechte Durchführung der Beobachtungen erleichtert werden.

Von dem Lehrstoff eines Unterrichtsfaches wird gefordert, daß er

1. sich dem Bildungs- und Erziehungsziel des betreffenden Faches unterordnet,
2. dem Schüler zugänglich ist,
3. in anderen Unterrichtsfächern nicht vermittelt wird.

Für das Fach Astronomie sind darüber hinaus eine Reihe von Forderungen zu erfüllen, die den Lehrstoffinhalt des Unterrichts entscheidend beeinflussen. So be-

darf die Einführung des neuen Unterrichtsfaches im letzten Jahrgang der Oberschule einer für den Schüler akzeptablen Erklärung und Begründung. Sie erfolgt in zwei Einführungsstunden, in denen sowohl das Ziel des Unterrichts als auch der einzuschlagende Weg zu erläutern ist. Bereits in dieser Einführung muß der Lehrer auf die Besonderheiten der astronomischen Beobachtung eingehen.

Für die Auswahl des Lehrstoffes ist weiterhin von Bedeutung, daß die Astronomie als Naturwissenschaft nicht auf induktive Herleitungen und Begründungen verzichten kann. So müssen im Verlaufe des Schuljahres mehrfach Stoffgebiete für die Behandlung vorgesehen werden, an denen sich (zumindest exemplarisch, stellvertretend für einen großen Teil der Astronomie) die Rolle der Beobachtung bei der Erkenntnisgewinnung zeigen und jene in einer dem Schüler technisch möglichen Form nachvollziehen läßt. Dabei darf das praktische Können der Sechzehnjährigen nicht überschätzt werden; die Beobachtungsobjekte sollen auch in kleineren Instrumenten eindrucksvolle Bilder zeigen.

Die Beschränkung des Astronomieunterrichts auf die Dauer eines Schuljahres bringt die Gefahr mit sich, daß die vielen neu eingeführten Begriffe nicht genügend gefestigt werden können und daß demzufolge beim Schüler eine Halbbildung ohne festes Fundament entsteht.

Deshalb muß im Stoffplan die immanente Wiederholung ein besonderes Gewicht erhalten. Auch dazu trägt die Beobachtung durch die Schüler bei, denn bereits in der Auswertung der Beobachtungsergebnisse sind Elemente der Wiederholung enthalten. Da fast nie die Beobachtung eines Objektes zur gleichen Zeit wie seine Behandlung im Unterricht erfolgen kann, ist auch der notwendige Rückgriff auf zurückliegende Beobachtungen oder auch die Vorbereitung auf eine Beobachtung anhand der Aufzeichnungen aus dem Unterricht eine Wiederholung und Auffrischung der Kenntnisse.

Für die systematische Anordnung des Lehrstoffes im Astronomieunterricht ergeben sich aus der Theorie zwei Möglichkeiten. Die analytische Abfolge geht vom Weltganzen aus und unterteilt dieses in Sternsysteme, Sterne, Planetensysteme usw. Dagegen schreitet die synthetische Anordnung vom überschaubaren Nahen („egozentrisches“ und geozentrisches Weltsystem, heliozentrisches Planetensystem) zum Fernen (Sterne, Sternsysteme, Weltall) fort. Für die allgemeinbildende Schule kommt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Didaktik nur die synthetische Stoffanordnung in Frage, bei der die Entwicklung vom Nahen zum Entfernten, vom Konkreteren zum Abstrakteren verläuft.

Bei konsequenter Durchführung würde dies jedoch bedeuten, den Unterricht zunächst auf der Grundlage eines nichtkopernikanischen Weltbildes aufzubauen. Hier tritt das Problem auf, eine den Vorkenntnissen der Schüler und der angestrebten methodischen Stoffabfolge für den astronomischen Anfangsunterricht angemessene Ausgangssituation zu finden.

In der Tat: Unser Astronomieunterricht ist ein astronomischer Anfängerlehrgang. Jedoch muß man dabei beachten, daß die Schüler nicht ohne astronomische Vorkenntnisse in die zehnte Klasse kommen. Ihre Kenntnisse sind nur – leider – zumeist sehr lückenhaft und völlig ungeordnet, so daß es zunächst notwendig ist, ihnen ein System zu geben, in das sie ihre Kenntnisse einordnen können.

Das sollte auch bei der Betreuung astronomischer Schülerbeobachtungen beachtet werden.

Unsere Ausgangssituation für den Astronomieunterricht wird also keinesfalls eine rein geozentrische Darstellung sein können. Vielmehr ist, aufbauend auf den genannten Vorkenntnissen der Schüler, zunächst die exakte Kenntnis der scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper zu vermitteln (durch Beobachtungen, Mo-

delle, ggf. auch in Planetarien); sie ist jedoch stets in Beziehung zu den wahren Bewegungsverhältnissen zu setzen. Der Schüler soll also, indem er schrittweise die geozentrischen Erscheinungen kennenlernt, gleichzeitig mit deren Herleitung aus heliozentrischer Sicht vertraut werden.

Die Schülerbeobachtungen erfordern Kenntnisse und Fähigkeiten aus der allgemeinen astronomischen Orientierung. Die Grundlagen der sphärischen Astronomie erscheinen daher mit an erster Stelle im Lehrplan. Nach der zweistündigen Einführung in das Unterrichtsfach Astronomie wird in 4 Stunden die Erde als Himmelskörper und innerhalb dieser Stoffeinheit in 3 Stunden

- die Orientierung nach Sternbildern,
- das Horizontsystem und
- das (rotierende) Äquatorsystem

behandelt.

In der nächsten Stoffeinheit „Der Erdmond“ treten bereits physikalische Aspekte auf, während das anschließend zu behandelnde Thema „Planetensystem“ (wozu auch die Kleinkörper — Planetoiden, Kometen, Meteorite — zu zählen sind) Beziehungen zur Wissenschaftsgeschichte aufweist. In diesem Zusammenhang sind auch die künstlichen Himmelskörper erfaßt.

Die Physik der Sonne steht in enger Beziehung zur allgemeinen Astrophysik. Sie steht daher nicht mehr — wie im Lehrplan von 1959 — anschließend an die Geschichte der Astronomie noch vor den Planeten, sondern erhielt einen ihr angemessenen Platz am Beginn der Stoffeinheit „Astrophysik und Stellarastronomie“. Mit den nachfolgenden Themen „Die Sterne“ und „Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme“ erhält der Schüler ein vollständiges System astrophysikalischer Grundkenntnisse vermittelt, das durch die mittels der Beobachtungsarbeiten auszubildenden Fähigkeiten ergänzt wird. Eine historisch akzentuierte Systematisierungsstunde und eine Gesamtbetrachtung mit dem Thema „Unsere Vorstellung vom Weltall“ bilden den Abschluß der intellektuellen und weltanschaulichen Bildung und Erziehung im Astronomieunterricht.

Für die Schülerbeobachtungen wird aus dieser Stoffübersicht deutlich, daß die Beobachtungsobjekte und die Zielstellungen der Beobachtungsabende nach zwei Aspekten auszuwählen sind:

In der ersten Schuljahreshälfte überwiegt die phänomenologische und die orientierungsastronomische Komponente, während im späteren Verlauf astrophysikalische Fragestellungen von Bedeutung sind. Dabei muß der Betreuer der Beobachtungen sehr vorsichtig vorgehen, denn bekanntlich sind Beobachtungen zur Astrophysik nur sehr schwierig anzustellen und erlauben (jedenfalls im Bereich der Schulastronomie) kaum exakte, d. h. in diesem Falle zahlenmäßige Ergebnisse. Sie müssen oftmals durch Schilderungen oder Skizzen ersetzt werden, dürfen aber nicht völlig fehlen.

Zum neuen Lehrplan 1971 wird ein neues Lehrbuch für den Schüler und eine Unterrichtshilfe für die Hand des Lehrers erscheinen. Allen Betreuern astronomischer Schülerbeobachtungen ist zu empfehlen, sich in diesen beiden Büchern die entsprechenden Stellen über Schülerbeobachtungen durchzulesen. Sie enthalten die Forderungen des Lehrplanes und Hinweise zur organisatorischen Gestaltung der Beobachtungsabende.

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1971

Dr. SIEGFRIED MARX

In Vorbereitung auf das astronomische Beobachtungsjahr 1971 soll in diesem Beitrag ein kurzer Überblick über einige wesentliche Konstellationen am Sternenhimmel gegeben werden, die im allgemeinen mit dem bloßen Auge oder mit Hilfe kleiner Instrumente beobachtet werden können. Die genaue vorherige Kenntnis von Vorgängen am Himmel ermöglicht eine gute Vorbereitung auf die Beobachtung des Ergebnisses und erhöht damit den Wert der Beobachtung und den Kenntnissgewinn.

1. Finsternisse

Im Jahre 1971 finden 5 Finsternisse (2 Mond- und 3 Sonnenfinsternisse) statt. Ausführlicher eingegangen wird hier nur auf die in der DDR beobachtbaren Erscheinungen.

1.1. Die erste Finsternis des Jahres ist am 10. Februar 1971 zu beobachten. Es handelt sich um eine in Mitteleuropa sichtbare totale Mondverfinsterung. Die Finsternis beginnt mit dem Eintritt des Mondes in den Halbschatten der Erde um 5.38 Uhr MEZ. Da der Mond um 7.26 Uhr MEZ (für 50° nördliche Breite und 15° östliche Länge) etwa gleichzeitig mit Sonnenaufgang untergeht, ist in der DDR nur die Anfangsphase des Ereignisses beobachtbar.

Der zeitliche Gesamtverlauf der Finsternis ist in folgender Tabelle dargestellt:

Eintritt des Mondes in den Halbschatten	5 h 38 m MEZ
Eintritt des Mondes in den Kernschatten	6 h 52 m MEZ
Anfang der totalen Verfinsterung	8 h 03 m MEZ
Mitte der Finsternis	8 h 45 m MEZ
Ende der totalen Verfinsterung	9 h 26 m MEZ
Austritt des Mondes aus dem Kernschatten	10 h 37 m MEZ
Austritt des Mondes aus dem Halbschatten	11 h 51 m MEZ

1.2. Schon 2 Wochen nach der Finsternis kann man am 25. Februar 1971 in der DDR eine partielle Sonnenfinsternis beobachten. Es handelt sich um die „größte Sonnenfinsternis des Jahres 1971“, denn für den günstigsten Beobachtungsort auf der Erde – dieser Ort liegt östlich der Südspitze von Grönland, östlich von Kap Farvel – wird die Sonnenscheibe zu 78,8 % abgedeckt; eine Sonnenfinsternis mit größerer Phase, oder gar eine totale finden 1971 nicht statt.

Die DDR befindet sich außerhalb des Streifens der größten Bedeckung, und von ihrem Gebiet sieht man eine rund 50 % abgedeckte Sonnenscheibe.

Den zeitlichen Verlauf des Ereignisses mit Angabe der größten Phase gibt die folgende Tabelle für einige Städte der DDR.

Ort	Beginn der Erscheinung	Ende der Erscheinung	Größte Phase
Berlin	9 h 52 m	11 h 58 m	45 % 10 h 54 m
Brandenburg	9 h 51 m	11 h 57 m	46 % 10 h 53 m
Dresden	9 h 51 m	11 h 56 m	44 % 10 h 53 m
Erfurt	9 h 47 m	11 h 54 m	47 % 10 h 50 m
Halle	9 h 49 m	11 h 56 m	46 % 10 h 52 m
Magdeburg	9 h 50 m	11 h 56 m	47 % 10 h 52 m
Rostock	9 h 53 m	11 h 59 m	48 % 10 h 55 m

1.3. Eine weitere partielle Sonnenfinsternis am 22. Juli 1971 ist vom Gebiet der DDR aus nicht sichtbar. Der Ort, von dem aus um 10.31 Uhr MEZ die größte Phase, in der nur 6,9 % der Sonnenscheibe abgedeckt werden, zu beobachten ist, liegt im Bering-Meer.

1.4. Die zweite totale Mondfinsternis des Jahres 1971 ist in der DDR im zweiten Teil ihres Verlaufes beobachtbar. Sie beginnt bereits um 17.58 Uhr MEZ, hat um 20.43 Uhr ihre maximale Phase. Da am 6. August für 50° Nord und 15° Ost erst um 19.30 Uhr MEZ Mondaufgang ist, erscheint am Abend des 6. August der Mond also abgedunkelt über dem Horizont.

Eintritt des Mondes in den Halbschatten	17.58 Uhr MEZ
Eintritt des Mondes in den Kernschatten	18.55 Uhr MEZ
Anfang der totalen Verfinsterung	19.53 Uhr MEZ
Mitte der Finsternis	20.43 Uhr MEZ
Ende der totalen Verfinsterung	21.33 Uhr MEZ
Austritt des Mondes aus dem Kernschatten	22.31 Uhr MEZ
Austritt des Mondes aus dem Halbschatten	23.28 Uhr MEZ

1.5 Eine weitere, in Europa nicht sichtbare partielle Finsternis der Sonne findet für unseren Standpunkt in der Nacht vom 20. zum 21. August 1971 statt. In der größten Phase wird die Sonne vom Mond zu 50,8 % abgedunkelt. Diese kann man nahe Antarktika unweit der Balleny-Inseln beobachten.

2. Planetensichtbarkeiten

Die Zeiten der Planetensichtbarkeiten werden durch den Abstand der Planeten in der Ekliptik von der Sonne bestimmt. Sie sind mit einem Blick aus der Abbildung 1 zu erfassen. Aus der Darstellung gehen nicht nur die Sichtbarkeitsperioden, sondern auch die ungefähren scheinbaren Helligkeiten der Planeten in den jeweiligen Sichtbarkeitsperioden hervor. Für den Merkur sind die Zeiträume als Sichtbarkeitsperioden eingezeichnet, in denen der Planet mehr als eine Stunde vor der Sonne auf- bzw. nach der Sonne untergeht.

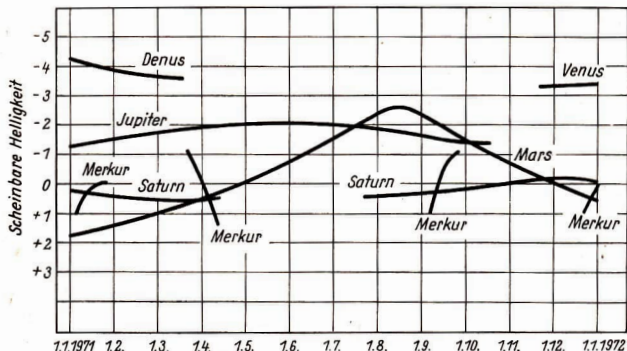


Abb. 1: Scheinbare Helligkeit der Planeten in ihren Sichtbarkeitsperioden 1971.

Den Schreibfehler „Denus“ in der Abbildung (statt Venus) bitten wir zu entschuldigen.

2.1 Im Januar 1971 geht der Merkur vor der Sonne am Morgenhimmel auf. Die größte Zeitdifferenz im Aufgang der beiden Gestirne gibt es um den 15. Januar mit 1 Stunde und 40 Minuten, der Planet befindet sich in dieser Zeit nahe seiner größten westlichen Elongation (19. Januar 1971, 24° westlich). Er wird in den ersten Wochen des Januar immer heller und erreicht am 15. Januar eine scheinbare Helligkeit von 0 Größenklassen. Da Merkur sich zu dieser Zeit im Sternbild des Schützen bewegt, erreicht er keine großen Höhen über dem Horizont.

In der zweiten möglichen Sichtbarkeitsperiode des Merkur, in der die Untergangszeiten des Merkur nach Abschluß der nautischen Dämmerung liegen, geht der Planet in den ersten Apriltagen 2 Stunden nach der Sonne unter.

Im September geht der sonnennächste Planet nur für wenige Tage um die Monatsmitte vor Beginn der nautischen Dämmerung am Osthimmel im Sternbild Löwe östlich des Sternes Regulus auf.

Um die Weihnachtszeit 1971 tritt der Merkur dann noch einmal kurz aus der nautischen Dämmerung am Morgenhimmel heraus und geht in den letzten Tagen des Jahres ca. 1 Stunde und 50 Minuten vor der Sonne auf.

2.2 Die Beobachtung der Venus ist im Jahre 1971 im Vergleich zu anderen Jahren relativ schlecht möglich, denn nur bis Mitte März geht die Venus vor Beginn der nautischen Dämmerung auf und dann nur im Dezember vor dieser unter. Die Perioden, in denen die Venus mehr als eine Stunde vor der Sonne auf- bzw. untergeht, sind relativ kurz.

2.3 Mars ist das ganze Jahr hindurch sichtbar. Von Januar bis Juni befindet er sich am Morgenhimmel, wobei sich seine Sichtbarkeitsdauer immer mehr verlängert (Aufgang Anfang Januar 3.30 Uhr MEZ). Von Mitte Juli bis Mitte August ist der Planet praktisch die ganze Nacht sichtbar, ab August geht er dann schon in der Nacht unter (Ende August um 3 Uhr MEZ, im Dezember um 20 Uhr MEZ), so daß der Zeitraum der Sichtbarkeit sich zum Jahresende hin immer mehr verringert. Den zeitlichen Verlauf der Beobachtungsmöglichkeit der Mars-schleife zeigt die Abbildung 2.

2.4 Den Jupiter kann man von Januar 1971 bis etwa Mitte Oktober beobachten. In den ersten drei Monaten des Jahres am Morgenhimmel, wobei seine Aufgangszeit Mitte Januar erst 4 Uhr MEZ ist. Von Mitte Mai bis Mitte Juni ist er dann die ganze Nacht sichtbar, von August bis Oktober nur noch in der ersten Nachthälfte. Seine Untergangszeit liegt Mitte Oktober bereits bei 19 Uhr MEZ.

2.5 Den Ringplaneten Saturn kann man im Januar nach Sonnenuntergang bis etwa 3 Uhr MEZ am Himmel finden. Seine Beobachtungsmöglichkeiten verringern sich dann sehr, und Mitte April geht er etwa um 21 Uhr MEZ unter. Er wird dann ab Mitte Juli wieder am Morgenhimmel sichtbar (Aufgang am 15. Juli um 1 Uhr MEZ). Da sich seine Aufgangszeit dann immer mehr in die Abendstunden verlagert, werden seine Beobachtungsbedingungen immer besser, und im November und Dezember befindet er sich die ganze Nacht am Himmel nahe den Plejaden im Sternbild Stier.

2.6 Der Uranus befindet sich 1971 im Sternbild der Jungfrau westlich des Hauptsternes Spica. Sein Konjunktionszeitpunkt mit der Sonne ist der 7. Oktober 1971, so daß man ihn im September und Oktober auf gar keinen Fall am Himmel finden kann.

2.7 Der Neptun steht am 23. November 1971 in Konjunktion mit der Sonne und kann also ab Mitte Oktober nicht mehr aufgefunden werden. Sein Standort ist im Sternbild Skorpion, etwas oberhalb des Sternes delta Skorpii.

2.8 Der Vollständigkeit halber sei der Ort des Planeten Pluto mitgeteilt. Er befindet sich im Sternbild der Jungfrau und steht am 23. September in Konjunktion mit der Sonne.

3. Kleine Planeten

Neben den 9 großen Planeten wird die Sonne von zahlreichen kleinen Planeten oder Planetoiden umlaufen. Diese Planetoiden bewegen sich in der Hauptsache zwischen den Bahnen der großen Planeten Mars und Jupiter, in der „Lücke der großen Planeten“. Bis heute sind gegen 5000 dieser Objekte gefunden worden. Aus theoretischen Abschätzungen folgt jedoch, daß es etwa 40 000 bis 50 000 kleine Planeten gibt. Ihre Beobachtung ist sehr schwierig, da sie wegen ihrer geringen Größe meist auch sehr geringe scheinbare Helligkeiten haben.

In der Tabelle S. 175/176 sind die Koordinaten und Helligkeiten der 4 hellsten Planetoiden für jenen Bereich des Jahres mitgeteilt, in dem sie beobachtbar sind.

4. Kometen

Jedes Jahr kommen zu den bereits bekannten Kometen durch zufällige Entdeckungen neue Objekte hinzu. Das wird auch im Jahr 1971 wieder so sein. Wenn die Beobachtungen ausreichen, was meistens der Fall ist, kann man die Bahn des Kometen berechnen. Dann ist es möglich, wenn es sich um eine elliptische Bahn handelt, vorauszuberechnen, wann der Planet wieder in Sonnennähe kommt, d. h. wieder beobachtbar wird.

So erwartet man u. a. folgende Kometen zu den angegebenen Zeiten wieder in ihren Perihelstellungen:

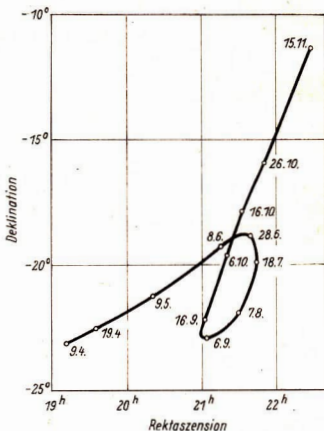


Abb. 2: Bewegung des Planeten Mars im Bereich seiner Schleife 1971.

Komet	Umlaufperiode um die Sonne in Jahren	Perihelabstand von der Sonne in Astronomischen Einheiten	Perihelzeitpunkt
Enke	3,30	0,34	Januar 1971
Neujmin 2	5,47	1,31	Januar 1971
Arend-Rigaux	6,81	1,44	Februar 1971
Ashbrock-Jackson	7,49	2,31	März 1971
Daniel	7,09	1,66	Mai 1971
Wolf-Harrington	6,54	1,61	August 1971

5. Zum Abschluß

sei noch auf einige besondere Konstellationen der hellsten Objekte am Nachthimmel – Mond, Venus und Jupiter – zueinander hingewiesen. Die in folgender Tabelle angegebenen Zeitpunkte bezeichnen den Moment des geringsten Abstandes. Zu diesen Zeitpunkten sind die Objekte nicht in jedem Fall gerade sichtbar. Da ihre Eigenbewegung am Himmel aber nicht übermäßig groß ist, kann man sie auch noch einige Stunden vor und nach den angegebenen Zeiten dicht beieinander finden. In der Tabelle sind alle Zeitangaben MEZ.

Jupiter 6° nördlich vom Mond:

22. Januar, 11 Uhr
19. Februar, 2 Uhr
18. März, 12 Uhr
14. April, 16 Uhr
11. Mai, 17 Uhr
17. Juni, 18 Uhr
4. Juli, 22 Uhr
1. August, 6 Uhr
28. August, 16 Uhr
25. September, 6 Uhr

Jupiter nahe Mars:

26. Januar, 5 Uhr, 0°3 Abstand.

Venus weniger als 6° Abstand vom Mond:

22. Februar, 4 Uhr
24. März, 2 Uhr (nur 0°3)
23. April, 0 Uhr
21. Juni, 14 Uhr
20. November, 0 Uhr
20. Dezember, 6 Uhr (nur 0°9)

Venus nahe Jupiter:

4. Januar, 22 Uhr, 3° Abstand
14. November, 14 Uhr, 1°1 Abstand

Die in diesem Beitrag verwendeten Zahlenangaben stammen im wesentlichen aus „Kalender für Sternfreunde“ von P. Ahnert.

Ceres

Datum	Rektaszension	Deklination	Helligkeit Scheinbare	Bemerkungen
1. 1. 1971	1 h 40,7	2° 21'	8,2	Ceres hat 1971 keine Oppositionsstellung
8. 2. 1971	2 h 06,7	7° 39'	8,5	
10. 3. 1971	2 h 41,3	12° 06'	8,8	Konjunktionsstellung
10. 6. 1971				
6. 9. 1971	7 h 50,1	23° 49'	8,6	Oppositionsstellung wird am 19. 11. 1971 erreicht.
6. 10. 1971	8 h 38,8	22° 46'	8,4	
5. 11. 1971	9 h 19,3	21° 58'	8,0	
5. 12. 1971	9 h 46,7	22° 28'	7,6	

Pallas

24. 3. 1971		Konjunktionsstellung		Oppositionsstellung wird am 19. 11. 1971 erreicht.
7. 8. 1971	3 h 42,1	— 3° 16'	9,2	
6. 9. 1971	4 h 17,2	— 9° 05'	8,7	Oppositionsstellung wird 1971 von Juno nicht erreicht.
6. 10. 1971	4 h 37,4	— 17° 45'	8,4	
5. 11. 1971	4 h 34,5	— 26° 43'	8,0	
5. 12. 1971	4 h 11,2	— 31° 56'	7,9	

Juno

1. 1. 1971	3 h 18,0	— 3° 08'	8,5	Oppositionsstellung wird 1971 von Juno nicht erreicht.
8. 2. 1971	3 h 48,2	— 1° 40'	8,9	
10. 3. 1971	4 h 32,6	+ 8° 54'	9,4	Konjunktionsstellung
9. 4. 1971	5 h 27,3	12° 48'	9,8	
20. 8. 1971				

Vesta

9. 4. 1971	19 h 40,1	-19° 06'	7,4	Die Oppositionsstellung erreicht Vesta am 23. 7. 1971
9. 5. 1971	20 h 17,5	-18° 23'	7,0	
8. 6. 1971	20 h 33,7	-19° 05'	6,6	
8. 7. 1971	20 h 22,2	-21° 59'	6,3	
7. 8. 1971	19 h 54,4	-25° 23'	6,4	
6. 9. 1971	19 h 42,2	-26° 51'	6,8	
6. 10. 1971	19 h 58,3	-26° 21'	7,3	
5. 11. 1971	20 h 34,7	-24° 21'	7,7	
5. 12. 1971	21 h 21,7	-21° 01'	8,1	

513 Mondkrater erhielten Namen

Auf der XIV. Tagung der Internationalen Astronomischen Union (IAU), die vom 18. - 27. August in Brighton tagte, erhielten auf Vorschlag eines Berichtes der Kommission Nr. 17 „Der Mond“ 513 Krater auf der Rückseite unseres Erdrabanten ihre Namen nach hervorragenden Wissenschaftlern und anderen Persönlichkeiten. Die vorbereitende Arbeitsgruppe bestand aus A. A. Michailow und B. Levin (UdSSR), A. Dollfus (Frankreich), D. H. Menzel (USA), und M. Minaert (Niederlande).

Wir bringen nachstehend (in Fortsetzungen) eine Liste mit den wissenschaftlichen Verdiensten der Namensgeber sowie den Positionen der benannten Mondkrater.

Abbe 58 S 175 E
Ernst K. (1840-1905), deutscher Optiker, Physiker, Astronom; Gründer und Direktor des Jenaer Observatoriums, einer der Gründer von Zeiss und Schott; Theorie optischer Instrumente, mikroskopische Abbildungen.

Abul Wafa 2 N 117 E
(940-998), Mathematiker, Astronom, Bagdader Observatorium; Beiträge zur Entwicklung der Trigonometrie; benutzte als Erster die trigonometrischen Größen Tangens und Cotangens bei seiner Arbeit über lunare Theorien. Es wird angenommen, daß er 980 die Variation der Mondbewegung entdeckt hat (ehemals wurde diese Entdeckung Tycho Brahe zugeschrieben).

Aitken 17 S 1173 E
Robert G. (1864-1951), USA-Astronom; Direktor des Lick-Observatoriums; Forschungen über Doppelsterne, neuer Generalkatalog der Doppelsterne.

Al-Biruni 18 N 93 E
(973-1048), persischer Astronom, Mathematiker, Geograph, Enzyklopädist, Linguist, lehrte in Gahzni; schrieb über einen weiten Bereich wissenschaftlicher Erscheinungen einschließlich Kalendarien, verfaßte eine Chronologie früherer Nationen, eine Enzyklopädie der Astronomie und Mathematik; astronomische Instrumente; grundlegende Konstanten.

Alden 24 S 111 E
Harold L. (1890-1964), USA-Astronom; Professor, Direktor und Leiter des McCormick-Observatoriums; Forschungen über Sternparallaxen und Eigenbewegungen; Veränderliche Sterne; Umlaufbahnen und Massenverhältnisse; unsichtbare Sternbegleiter.

Alekhn 68 S 130 W
Nikolai P. (1913-1964); sowjetischer Raketenbauingenieur; Leiter einer Konstruktionsgruppe im Forschungs-Konstruktionsbüro für die Entwicklung von Flüssigtreibstoffraketenantrieben.

Alter 19 N 108 W
Dinsmore (1888-1966), USA-Astronom, Meteorologe; Direktor des Griffith-Observatoriums; astronomische Meteorologie; statistische Methoden; Himmelsmechanik, Umlaufbahnen; Mondatlas.

- Amici** 10 S 172 W
Giovanni B. (1780–1800), italienischer Astronom, Botaniker; Direktor des Florence-Observatoriums; astronomische Instrumente, Amici-Prisma; Mikroskope und Objektive, Immersionsobjektive.
- Anderson** 16 N 171 E
John A. (1876–1959), USA-Astronom, Mt. Wilson-Observatorium; Spektroskope, Gitterbeugung; Seismometer.
- Antoniadi** 69 S 173 W
Eugene M. (1870–1944), Grieche, französischer Astronom, Meudon-Observatorium; Oberflächen der Planeten, besonders des Merkur und des Mars.
- Appleton** 37 N 158 E
Sir Edward V. (1892–1965), englischer Physiker, London, Edinburgher Universität; begründete mit Hartree die magneto-ionische Theorie der Ionosphäre; entwickelte den Prototyp des Radars; Strahlungsverhältnisse bei Sonneneruptionen.
- Arrhenius** 55 S 91 W
Svante A. (1859–1927), schwedischer Physiko-Chemiker; Professor, Universität Stockholm; Direktor des Nobel-Institutes für Physikalische Chemie; Nobelpreis für Chemie 1903; Theorie der elektrolytischen Dissoziation; kosmische Physik, Strahlungsdruck von Kometenschweif, Aurora borealis; chemische Reaktionsgeschwindigkeiten; Phänomene der atmosphärischen Elektrizität; Hypothesen von Lebenskeimen im Universum.
- Artamonow** 26 N 104 E
Nikolai N. (1906–1965), sowjetischer Raumfahrtstechnologe und Ingenieur, Forschungs- und Entwicklungsbüro; leitender Mitarbeiter an der Entwicklung der Flüssigkeitstriebwerke von Wostok-, Woshod- und Kosmos-Trägerraketen.
- Artemjev** 10 N 145 W
Wladimir A. (1885–1962), sowjetischer Raumfahrtwissenschaftler, Laboratorium für Gasdynamik, Raketenforschungsinstitut; leitete den ersten Start einer Rakete mit rauchlosem Trotyl-Pyroxilin-Pulver 1928.
- Avicenna** 40 N 97 W
Abu Ali ibn Sina (980–1037), persischer Physiker, Philosoph; größter Physiker des Mittelalters; verglich systematisch das theoretische und praktische Wissen seiner Zeit und ergänzte es; machte astronomische Beobachtungen; deutete an, daß die Lichtgeschwindigkeit endlich sein müsse.
- Avogadro** 64 N 165 E
Amedeo. Conte di Quaregna (1776–1856), italienischer Mathematiker, Physiker; Professor, Universität Turin; entdeckte 1811 das Avogadro'sche Gesetz sowie die Avogadro'sche Zahl von den in einem Mol einer beliebigen Substanz vorhandenen Molekülen.
- Babcock** 4 N 94 E
Harold D. (1882–1960), USA-Astronom und Physiker, Mt. Wilson-Observatorium; Standards der Wellenlängen in Lichtbögen und Sonnenspektren; solarer und stellarer Magnetismus; Gitterdiffraktionen.
- Backlund** 16 S 103 E
Johan O. (1846–1916), russischer Astronom, in Schweden geboren, Direktor des Pulkowo-Observatoriums; Periode des Endke'schen Kometen und ihre fortschreitende Verminderung; Störungstheorie, Himmelsmechanik.
- Baldet** 54 S 151 W
F. (1885–1964), französischer Astronom, Juvisy, Algier und Meudon; Kometenspektren.
- Barbier** 24 S 158 E
D. (1907–1965), französischer Astronom, Institut d'Ap., Paris; Aurora, Nachthimmel.

Barringer	29 S	151 W
Daniel M. (1860–1929), USA Bergwerksingenieur, Geologe; bewies 1905, daß der Arizona-Krater vom Einschlag einer Meteoritenmasse stammte, analysierte kompakte Bruchstücke von Eisenmeteoriten.		
Bartels	24 N	90 W
Julius (1899–1964), deutscher Geophysiker; Direktor des Geophysikalischen Instituts Göttingen; entwickelte statistische Methoden zur Erforschung von solar-geomagnetischen Zusammenhängen. Hinweise für das Studium der solaren Wellen und Partikelstrahlung und ihrer Effekte auf das geomagnetische Feld; geomagnetisches Feld.		
Becquerel	41 N	129 E
Antoine H. (1852–1908), französischer Physiker, Professor der Polytechnischen Schule; entdeckte die Radioaktivität des Urans und seiner Salze; entdeckte den Faradayschen Effekt in Gasen.		
Bečvar	2 S	125 E
Antonín (1901–1965), tschechischer Astronom, Gründer und Direktor des Observatoriums Skalnaté Pleso; Atlanten der Sterne und Dunkelnebel; Entdeckungen von Kometen.		
Beijerinck	13 S	152 E
Martinus W. (1851–1931), holländischer Botaniker; entdeckte 1898, daß das Tabak-Mosaik-Leiden nicht durch bakterielle Träger erregt wurde; er benutzte den Ausdruck filterbarer Virus, um den Infektionserreger zu beschreiben.		
Bell	22 N	96 W
Alexander G. (1847–1922), schottisch-amerikanischer Erfinder, erfand telephonische und andere elektrische Geräte; studierte Probleme der Taubheit; Präsident der Nationalen Geographischen Gesellschaft.		
Bellingshausen	61 S	164 W
Faddej F. (1778–1852), russischer Entdecker und Navigator; führte die Weltumrundungsexpedition 1819–20, Entdeckung der Antarktis-Küste.		
Belopolsky	18 S	128 W
Aristarch A. (1854–1934), sowjetischer Astronom; Direktor des Pulkowo-Observatoriums; spektroskopische Binären, Veränderliche Sterne, Spektralstudien der Planetenrotation; wies im Laboratorium den Dopplereffekt nach.		
Beljajew	23 N	143 E
Pavel I. (1925–70), UdSSR-Kosmonaut, Universität, sowjetische Luftstreitkräfte, Kommandeur von Woschod 2; erster Flug in den Weltraum, bei welchem im März 1965 ein Mensch ausstieg; er landete das Raumschiff mit der Hand, als die automatischen Kontrollen versagten.		
Bergstrand	19 S	176 E
Carl O. E. (1873–1948), schwedischer Astronom; Professor, Universität Uppsala; photographische Techniken; Positionen und Parallaxen von Sternen; Differentialrefraktionen.		
Berkner	25 N	105 W
Lloyd V. (1905–1967), USA-Geophysiker; Theorie der ionosphärischen Radioausbreitung; war aktiv im frühen US-Satellitenprogramm tätig; Präsident der Associated Universities, Inc., unter deren Leitung das Nationale Radioastronomische Observatorium gegründet wurde.		
Berlage	64 S	164 W
Hendrik P. (1896–1968), holländischer Geophysiker und Meteorologe; Professor, Meteorologisches Observatorium Batavia (Djakarta), Professor, Utrecht; Seismologie; Klimatologie, periodische Phänomene der Elementologie; Kosmogonie von Planetensystemen.		
Bhabha	56 S	165 W
Homi J. (1909–1966), indischer Physiker, Direktor, Atomenergie-Einrichtung, Trombay, Bombay; Forschung über kosmische Strahlung und Quantentheorie; führte mit Heitler die Kaskadentheorie ein, zur selben Zeit wie Carlson und Oppenheimer.		

- Birkeland** 30 S 174 E
Olaf K. (1867–1917), norwegischer Physiker; Professor, Oslo; Experimente, die ein magnetisches Modell der Erde in einer Vakuum-Kammer Kathodenstrahlen aussetzen. Er erzielte lumineszenzelektrische Effekte, die den Fall der Aurora nachbilden.
- Birkhoff** 59 N 148 W
George D. (1884–1944), USA-Mathematiker; Professor der Harvard-Universität; lineare Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme; beobachtete periodische Bahnen, Dreikörper-Probleme.
- Bjerknes** 38 S 113 E
Wilhelm F. K. (1862–1951), norwegischer Physiker; Professor der Universität Oslo, Bergen; entwickelte die Theorie der elektrischen Resonanz; von ihm und seinem Sohn stammt die Polarfront-Theorie der Zyklone, auf der die moderne Wettervorhersage aufbaut; Hydrodynamische Phänomene.
- Blazhko** 31 N 148 W
Sergej N. (1870–1956), UdSSR-Astronom, Direktor des Moskauer Observatoriums; Photographien von Meteoritenspektren; Veränderliche Sterne; praktische Astronomie.
- Bobone** 29 N 131 W
Jorge (1901–1958), argentinischer Astronom; Beziehung von Kometen-Umlaufbahnen, bes. Halley'scher Komet, und Asteroiden, Jupiter VI und VII.
- Bolyai** 34 S 125 E
Janos (1802–1860), ungarischer Mathematiker; mit seinem Vater, Farkas B., entwickelte er die nichteuklidische Geometrie, unabhängig von Lobschewsky.
- Bose** 54 S 170 W
Jagadis C. (1858–1937), indischer Botaniker, Physiker; Gründer und Direktor des Bose-Forschungsinstitutes Calcutta; Pflanzenphysiologie, Photosynthese; Elektrophysiologie; Wachstum und Bewegungen in Pflanzen; Statistik von Strahlungsquanten.
- Boyle** 54 S 178 E
Robert (1627–1691), englischer Naturphilosoph, Chemiker; Boyle'sches Gesetz, das Volumina und Drücke von Gasen bei konstanter Temperatur in Beziehung setzt; beobachtete die Kompressibilität von Wasser; zeigte, daß es sich bei und sogar vor dem Gefrieren ausdehnt; betonte die Bedeutung des Experiments in der Forschung.
- Bragg** 42 S 103 W
William H. (1862–1942), englisch-australischer Physiker, Professor, Universität Adelaide, Universitätscollege London; Pionier der Erforschung von Kristallanalysen durch Röntgenstrahlen; entwickelte mit seinem Sohn zusammen Röntgenstrahlenspektrometer zur Messung der Wellenlängen von Röntgenstrahlen durch Kristalldiffraktion; bestimmte die Anordnung von Atomen in Kristallen. Nobelpreis für Physik (mit Sohn) 1915.
- Brashear** 74 S 172 W
John A. (1840–1920), USA-Astronom, Ingenieur; bekannt durch seine astronomischen Linsen und Präzisionsinstrumente; stellte Metallspiegelplatten für Rowland-Diffraktionsgitter her; konstruierte ein astronomisches Spektroskop; Linsen und Spiegel.
- Bredikhin** 17 N 158 W
Fedor A. (1831–1904), russischer Astronom; Direktor des Moskauer Pulkowo-Observatoriums; Meteorströme, Kometen und Kometenschweife; Pionier der spektroskopischen Beobachtungen von Sonnenprotuberanzen.
- Bridgman** 44 N 137 E
Percy W. (1882–1961), USA-Physiker, Professor der Harvard-Universität, Nobelpreis für Physik 1946, Erforschung der Physik höherer Drücke; Wissenschaftsphilosophie.
- Brouwer** 36 S 125 W
Dirk (1902–1966), USA-Astronom, Yale-Universität, Professor und Direktor des Observatoriums; Himmelmeechanik, planetarische und lunare Theorie, astronomische Konstanten.

Brouwer

Luitzen E. J. (1881–1968), holländischer Mathematiker; Professor der Universität Amsterdam; ein Begründer der modernen Topologie; Cartesischer Raum; Intuitionismus.

Brunner

10 S

91 E

William O. (1878–1958), Schweizer Astronom; Professor, Zürich; Direktor Schweizer Bundesobservatorium; Sonnenflecken, Darstellungen von solaren Phänomenen; Herausgeber des Bulletins für Sonnenaktivität.

Buffon

41 S

134 W

Georges L. L. (1707–1788), französischer Naturalist; schrieb eine Naturgeschichte in 44 Bänden; formulierte die Theorie der Evolution und schuf eine neue geologische Chronologie; diskutierte die Degeneration von Tieren und die jeder Spezies durch Klima, Gebirge, Gewässer gesetzten Grenzen; formulierte einige Aspekte der modernen Genetik und der Berechnung von Wahrscheinlichkeiten vor.

Buisson

1 S

113 E

Henri (1873–1944), französischer Physiker, Astronom; wies zusammen mit Fabry den Dopplereffekt experimentell nach; Wellenlängen-Standards, Interferenzspektroskopie; atmosphärisches Ozon.

Butlerov

9 N

109 W

Alexander M. (1828–1886), russischer Chemiker, Universität St. Petersburg; erfand den Terminus Chemische Struktur; entwickelte den Substanzen entsprechende Formeln, entdeckte tertiäre Alkohole; präparierte als Erster Formaldehyd; erkannte den Charakter der Tautomerie; isolierte und synthetisierte Bestandteile des Petroleums.

Buys-Ballot

21 N

175 E

C. H. D. (1870–1890), holländischer Meteorologe; Professor Universität Utrecht; Gründer und Direktor des Königlich Holländischen Meteorologischen Institutes Utrecht; stellte als Erster meteorologische Daten, die durch den Telegraphen empfangen wurden, in synoptischen Karten zusammen; Buys-Ballot'sches Gesetz.

Cabannes

61 S

171 W

Jean (1885–1959), französischer Physiker; Professor, Montpellier, Paris; spektroskopische Studie des Leuchtens des Nachthimmels.

Cajori

48 S

168 E

Floreen (1859–1930), USA-Mathematiker und wissenschaftlicher Historiker; Professor der Universität Kalifornien, Autor einiger Bücher über die Geschichte der Mathematik und Physik.

Campbell

45 N

152 E

Leon (1881–1951), USA-Astronom; amerikanische Vereinigung zur Beobachtung von Wandelsternen, Veränderliche Sterne; Perioden und Lichtintensität.

Campbell

William W. (1862–1938) USA-Astronom; Direktor des Lick-Observatoriums; praktische Astronomie; Sternbewegung, Radial-Geschwindigkeiten; Wolf-Rayet-Sterne und helle Sterne; Atmosphäre des Mars; Sonnenfinsternisse.

Cannizzaro

55 N

100 W

Stanislao (1826–1910), italienischer Chemiker, Professor, Rom; Beziehungen von Atom- und Molekulargewichten nach der Avagadro'schen Hypothese; die Cannizzaro-Reaktion aromatischer Aldehyde.

Cantor

38 N

118 E

Georg (1845–1918), deutscher Mathematiker, Professor, Halle; Mengentheorie; Theorie der unendlichen Zahlen.

Carnot

52 N

144 W

Nicolas L. S. (1796–1832), französischer Physiker, Begründer der modernen Thermodynamik.

Carver

43 S

127 E

George W. (1864–1943), amerikanischer Landwirtschafts-Chemiker, Botaniker; entwickelte 300 Arten synthetischer Stoffe aus Erdnüssen, einschließlich Farbstoffe, Seife, Käse, Milchersatz sowie 118 Nebenprodukte süßer Kartoffeln.

- Cassegrain 52 S 113 E
Giovanni D. (1625–1712), französischer Physiker, Astronom; Professor, C. de Chartes; Spiegelteleskop, entwickelte neue Konstruktionen.
- Catalán 46 S 87 W
Miguel A. (1894–1957), spanischer Spektroskopist; Professor, Universität Madrid; entwickelte Vielfachlinien im Lichtbogenspektrum von Mangan, womit eine neue Annäherung an die Analyse komplexer Spektren begonnen war; Erforschung anderer Komplexspektren.
- Ceraski 49 S 141 E
Witold K. (auch Zeraski) (1849–1925), polnischer Astronom; Professor, Universität Moskau, Direktor des Moskauer Observatoriums; Astrophotometrie, visuelle Stern- und Sonnenfleckenphotometrie, Entdeckung von Dunkelwolken.
- Chaffee 39 S 155 W
Roger B. (1935–1967), amerikanischer Astronaut, Lt. Kommandeur der US-Navy; Universität Purdue für Luftfahrttechnik; Pilot; wurde bei einem Brand des Apollo-Testraumschiffes am Boden am 27. Januar 1967 getötet.
- Chamberlin 59 S 96 E
Thomas C. (1843–1928), USA-Geologe; Planetesimal-Hypothese des Ursprungs des Sonnensystems.
- Champollion 37 N 175 E
Jean F. (1790–1832) französischer Ägyptologe, entzifferte die ägyptischen Hieroglyphen durch Studie des Rosetta-Steines.
- Chandler 44 N 171 E
Seth, C. (1846–1913), USA-Astronom, Herausgeber des Astronomischen Journals; bestimmte die Präzessionsperiode der Erde um ihre Achse zahlenmäßig; Entdeckung der Breitenvariation.
- Chang Heng 19 N 112 E
(78–139) chinesischer Astronom; konstruierte frühe astronomische Instrumente; erklärte die scheinbare Bewegung der Himmelskörper und die Mondfinsternisse korrekt; chinesische Konstellationen; schätzte die Anzahl der sichtbaren Sterne auf 2500 und bis zu 10 000 einschließlich der südlichen und schwächsten Sterne.
- Chant 41 S 110 W
Charence A. (1865–1956), kanadischer Astronom und Physiker; Direktor des David-Dunlap-Observatoriums; der Skin-Effekt in elektrischen Oszillatoren; die Leitung elektrischer Wellen durch Draht; physikalische Grundlagen der Farben; Meteoritenerscheinungen; Relativität; Ablenkung des Lichts durch die Sonnengravitation.
- Chaplygin 6 S 150 E
Sergei A. (1869–1942), sowjetischer Mathematiker; UdSSR-Akademie der Wissenschaften, theoretische Mechanik; in Zusammenarbeit mit N. E. Zhukovsky entwickelte er die theoretische Basis der Astronautik.
- Chapman 50 N 101 W
Sydney (1888–1970), britischer Geophysiker, Mathematiker; Professor der Hochschule für Wissenschaft und Technik, London, Oxford-Universität, Alaska-Universität; Untersuchung des Geomagnetismus, Aurora, magnetische Störungen in der Zusammensetzung der Ionosphäre, atmosphärische Gezeiten; demonstrierte die Kraft der thermischen Diffusion in hoch ionisierten Gasen (solare Corona, solares Plasma).
- Chappell 62 N 150 W
James F. (1891–1964), USA-Astronom und Photograph; Lick-Observatorium; Photographie vom Mond; entwickelte spezielle photographische Techniken für die Astronomie.
- Charlier 36 N 132 W
Carl W. L. (1862–1934), schwedischer Astronom; Direktor, Professor, Lund-Observatorium; Sternenanhäufungen, Astrophysik, Wahrscheinlichkeiten, theoretische Optik; Himmelsmechanik.

- Chaucer 3 N 140 W
Geoffrey (1340–1400) englischer Poet des Mittelalters, Autor der *Canterbury-Erzählungen* und anderer Werke; er kannte die zeitgenössische astronomische Doktrin; bereitete eine Abhandlung über Raumforschung vor.
- Chauvenet 11 S 137 E
William (1820–1870), USA-Astronom und Mathematiker; Professor, Universität Washington, St. Louis; sphärische und praktische Astronomie.
- Chebyshev 34 S 133 W
Pafnuty L. (1821–1894), russischer Mathematiker; Professor, Universität St. Petersburg; Taylor-Serien, Primzahlen, Integraltheorie, Theorie der geographischen Karten.
- Chernyshev 37 N 174 E
Nikolai G. (1906–1953), UdSSR-Raketen-Wissenschaftler; Spezialist für Flüssigkeitstreibstoffe; Chemie der Raketenantriebe.
- Chrétien 33 S 113 E
Henri (1870–1956), französischer Mathematiker, Astronom; erfand anamorphe Linsen für Cinesmascope; konstruierte Teleskope, U.S.-Naval-Observatorium.
- Clark 38 S 119 E
Alvan (1804–1887), USA-Astronom, Linsen-Hersteller, fertigte eine Anzahl von Teleskop-Hauptlinsen an, 18–36 Zoll für amerikanische und ausländische Observatorien; entdeckte mit seinem Sohn 1861 den Begleiter des Sirius.
- Clark
Alvan G. (1832–1897), USA-Astronom; Linsen-Hersteller; entdeckte mit seinem Vater den Begleiter des Sirius; 16 Doppelsterne; fertigte die Yerkes-40-Zoll-Linsen an.
- Coblentz 38 S 126 E
William W. (1873–1962), USA-Physiker, Astronom, Physiker im Nationalen Büro für Standards, infrarote und ultraviolette planetare und stellare Strahlung; Radiometrie; planetare Temperaturen.
- Cockcroft 30 N 164 W
Sir John D. (1897–1967), englischer Kernphysiker; Professor, Universität Cambridge, Direktor, Atomenergie-Forschungsinstitut; erbaute einen Teilchenbeschleuniger und erbrachte Pionierleistungen bei der Transmutation von Atomkernen; Nobelpreis 1951.
- Compton 55 N 104 E
Arthur H. (1892–1962), USA-Physiker, Professor der Universität Chicago, Kanzler der Universität Chicago, Kanzler der Universität Washington, Forschung über Röntgenstrahlen und kosmische Strahlen; Compton-Effekt bei gestreuten Röntgenstrahlen; leitete die Arbeit, die die erste atomare Kettenreaktion zum Ergebnis hatte.
- Compton
Carl T. (1897–1954), USA-Physiker, Professor, Präsident der M.I.T.; Kristallstrukturen durch Röntgenstrahlenphotographie; photoelektrischer Effekt; thermische Emission.
- Comrie 23 N 113 W
Leslie J. (1893–1950), neuseeländischer bzw. englischer Astronom; Nautisches Kartenamt; Positionsastronomie; umfangreiche Überarbeitung und Überprüfung des „Nautischen Almanach“, neue Methoden der maschinellen Berechnung; gründete eine Firma für Berechnungen mit schwierigen mathematischen Problemen; konstruierte mathematische Tabellen höchster Genauigkeit.
- Comstock 21 N 122 W
George C. (1855–1934), USA-Astronom; Professor Ohio-State-Universität; Doppelsterne; Sumner-Linie, Navigation.
- Congreve 0 168 W
Sir William (1772–1828), britischer Erfinder, Pionier des Raketenbaus, konstruierte und entwickelte das Congreve-Raketensystem, wurde in Europa häufig angewandt.

Cooper	53 N	176 E
John C. (1887–1967), USA-Jurist, Pionier der Entwicklung des internationalen Luft- und Raumfahrtrechts; mit A. Haley aktiver Organisator der ersten Konferenz über Weltraumrecht 1958.		
Coriolis	0	172 E
Gaspard G. de (1782–1843), französischer Physiker, Paris; berechnete die zusammengesetzte Zentrifugalkraft, die sich bewegend Körper in einem rotierenden System beeinflusst (Coriolis-Kraft); erste moderne Definition der kinetischen Energie und der Arbeit.		
Coulomb	54 N	115 W
Charles A. de (1736–1806), französischer Physiker, Forschung über Elektrizität und Magnetismus; demonstrierte die Anwendbarkeit der inversen Fläche (Coulomb'sches Gesetz).		
Crocco	47 S	150 E
Gaetano A. (1877–1968), italienischer Raketenwissenschaftler und Luftfahrtingenieur; Forschungen über Flugmechanik und Strukturprobleme, Raketenbau, Überschallflug, Strahltriebwerke; führte Experimente an flüssigen und festen Raketentreibstoffen durch; Gründer der Italienischen Raketen-Gesellschaft.		
Crommelin	68 S	147 W
Andrew C. de la C. (1865–1939), britischer Astronom, Königliches Greenwich-Observatorium; Bewegung des Haley'schen Kometen von 240 v. u. Z. bis 1910; Kometen.		

Wird fortgesetzt.

Aus der Literatur

Weltall und Unendlichkeit

Ich öffne meine Dachluke des Nachts und sehe die fern verstreuten
Systeme,
und alle, die ich sehe, multipliziert, so hoch ich nur rechnen kann,
grenzen bloß an den Rand der noch ferneren Systeme.

Blicke noch so weit, darüber hinaus ist doch unendlicher Raum,
zähle noch so weit, rundum ist doch unendliche Zeit.

Walt Whitman

Diese Worte Walt Whitmans, im vorigen Jahrhundert niedergeschrieben, waren noch vor zwei Jahrzehnten Ausdruck dessen, wie nicht nur der Dichter, sondern viele Wissenschaftler die Unendlichkeit des Alls auffaßten. Der Kosmologe von heute oder der Philosoph auf dem Gebiet der Naturwissenschaften ist jedoch schon längst nicht mehr mit allem einverstanden, was hier in so schöner, poetischer Weise über die Unendlichkeit des Alls gesagt wird. Das Problem ist heute weit umstrittener, als es noch vor kurzem schien.

Einer der Diskussionen jüngsten Datums zu diesem Problem, 1965 auf einem Symposium zur dialektisch-materialistischen Analyse der Unendlichkeit des Alls entfacht, verdankt das Buch „Unendlichkeit und All“ sein Erscheinen. Es enthält überarbeitetes und ergänztes Material des Symposiums. Die wenigen Jahre, die zwischen dem Symposium und dem Erscheinen des Buches liegen, haben dem Inhalt ein besonderes Gepräge gegeben.

Wie akut das Problem Unendlichkeit des Alls ist, erkennt man zum Beispiel daran, daß in dem sehr gewöhnlich klingenden Satz „Die Kosmologie beweist, daß das All unendlich ist“, nur der Sinn des Wortes „daß“ klar ist, wie einer der Autoren im Buch feststellt. Der Versuch, den Sinn der Grundbegriffe „Unendlichkeit“ und „All“ zu präzisieren, wird im wesentlichen im ersten Abschnitt des Buches unternommen.

1) Beskonetschnost'1 wselennaja. Moskau, Verlag „Mysl“, 1969, 328.

Der ausführliche Artikel von G. I. Naan enthält eine fragmentarische, aber die Knotenpunkte exakt herausarbeitende Übersicht über die alte und neue Geschichte des Unendlichkeitsproblems. Zusammen mit einer eigenständigen Analyse und Klassifizierung der Unendlichkeitstypen, die der derzeitige Stand der Wissenschaft – in der Hauptsache in der Mathematik und der Kosmologie – zuläßt, ist dies sozusagen die Einleitung zum ganzen Buch. Die historische Betrachtungsweise ist besonders bei Problemen, die vor Jahrhunderten oder gar Jahrtausenden aufgefunden sind und noch keine „endgültige Lösung“ gefunden haben, tatsächlich am angebrachtensten.

Die heutigen Erforscher der Unendlichkeit stehen (um mit Newton zu sprechen) auf den Schultern von Giganten. Sehen sie weiter als Aristoteles und Zenon, Hegel und Engels, Bolzano und Cantor? Ja, der Inhalt des Buches beweist es. Dafür zeugen moderne Erkenntnisse wie die Lösung des „Kontinuumproblems“ durch Cohen, der Beweis für die Relativität der Unendlichkeit und der Endlichkeit des Raums.

Das erste der erwähnten Ergebnisse verspricht zum Beispiel nach Ansicht Naans, zum Ausgangspunkt für eine Revolution zu werden, radikaler als die kopernikanische. Die Unendlichkeit aber „... muß kraft ihrer engen Verbindung mit Dingen wie Existenz, Kontinuität, Nichts, Symmetrie und Relativität als einer der wichtigsten allgemeinswissenschaftlichen (in gewissem Sinne sogar allgemeinmenschlichen) Begriffe betrachtet werden. Unser Weltbild, unsere ganze Weltanschauung hängen wesentlich vom Stand unseres Unendlichkeitsbegriffs ab“ (G. I. Naan, S. 30). In diesem Zusammenhang möchte ich zum Beispiel die in ihrer Radikalität sogar etwas erschreckenden Ideen des auf den ersten Blick etwas trocken und formal anmutenden Beitrags von G. M. Idlis hervorheben (Notwendigkeit der Mathematik real widersprüchlicher Objekte, prinzipielle Möglichkeit, aus den Eigenschaften dessen, was früher als „Nichts“ charakterisiert wurde – des physikalischen Vakuums –, das unendliche Spektrum von Eigenschaften der vielfältigen materiellen Welt abzuleiten ...).

Seine Analyse der augenblicklichen Situation im Unendlichkeitsproblem, wie sie sich aus der wissenschaftlichen Revolution des 20. Jahrhunderts und der Lawine von Entdeckungen in Astronomie, Kosmologie und Physik neuesten Datums ergibt, faßt Naan folgendermaßen zusammen: „... Es ist notwendig geworden, die Fragestellung Unendlichkeit im dialektischen Materialismus wesentlich weiterzuentwickeln und zu vervollkommen“ (S. 71). Diese Folgeerscheinung erscheint uns begründet. Der ganze Inhalt des Buches gestattet die Feststellung, daß Existenz und Aktualität des Problems klar erkannt sind und schon der intensive Angriff darauf begonnen hat.

Unvermeidlich und verständlich ist dabei, daß die Meinungen der einzelnen Forscher auseinandergehen. Die Schärfe dieser Meinungsverschiedenheiten demonstriert eindeutig der polemische Beitrag „Zu den Diskussionen über das Unendlichkeitsproblem“ von Baschenow und Nuzubidse. Ihre Klassifizierung der Standpunkte zum Unendlichkeitsproblem ist zum großen Teil berechtigt, aber sicherlich nicht in allen Punkten. Kasjutinskis Beitrag „Über die Unendlichkeit der materiellen Welt und die Unendlichkeit des Alls“ enthält überzeugend die hinter äußeren Widersprüchen verborgene gegenseitige Ergänzbare der Grundurteile der Autoren. Das trifft natürlich nicht auf alle zu.

Kritisiert wird in dem Buche ein durch den kleinen Beitrag von Schirokow repräsentierter Standpunkt, der dadurch zustande gekommen ist, daß das homogene und isotrope Friedmannsche kosmologische Modell mit dem „ganzen All“ identifiziert wird. Am klarsten faßt die derzeitige Lage auf diesem Gebiet wohl Tschudinow zusammen: „Die Unabhängigkeit des in einem homogenen Modell beschriebenen Raums von einem möglichen umfassenden Raum bedeutet noch nicht, daß dieser letztere nicht existiert“ (S. 207). Dieser Umstand wird offenbar von einigen namhaften Spezialisten für Relativitätskosmologie nicht bedacht, so daß sie das Friedmannsche Modell verabsolutieren.

Weitgehend diskutiert wird die außerordentlich wichtige methodologische Frage nach der Rolle der Philosophie im Unendlichkeitsproblem. Abgesehen von Meinungsverschiedenheiten einiger Autoren, läßt sich eine Richtung erkennen, die im Buch zweifellos dominiert und richtig erscheint. Tjuchtin formuliert sie in seinem Beitrag folgendermaßen: „... Die unmittelbare ‚Erldung‘ der philosophischen Leitsätze durch Faktenanalyse kann nur zu spekulativen Konstruktionen führen, die für die ‚Naturphilosophie‘ typisch sind“ (S. 107). Nach dem Schluß Tjuchtins „erhebt die Philosophie keinen Anspruch auf ein besonderes philosophisches Weltbild und kann ihn nicht erheben“ (S. 108). In diesem Zusammenhang üben einige Autoren heftige Kritik an den Positionen von Karmin und Swiderski, die ebenfalls in dem Buch vertreten sind. Mir scheint das jedoch ein rein äußerlicher, terminologischer Streit zu sein. Karmin trifft die begründete Feststellung, daß die Extrapolierung der Summe aller Erkenntnisse und Erfahrungen, die eben die Philosophie vornimmt, ein Bild vom All liefern kann, das sich zum Beispiel vom kosmologischen unterscheidet. In diesem Sinne ist ein „philosophisches Weltbild“ durchaus denkbar.

Uneinheitlichkeit in der Terminologie ist zum großen Teil die Ursache für die Diskussion der Autoren, ob sich der Begriff „All“ mit dem Begriff „materielle Welt“ deckt. In die einschlägige Terminologie Ordnung zu bringen, wie es Selmanow mit Erfolg begonnen hat, ist auch weiterhin notwendig, denn „schlechtes und dummes Setzen der Worte vernebelt erstauend den Verstand“, wie Francis Bacon sagte. Nach einem Ausspruch von Hugo Schuchardt ist „termino-

logische Unklarheit für die Wissenschaft dasselbe wie Nebel für die Schifffahrt: Sie ist um so gefährlicher, als man sich darüber gewöhnlich überhaupt keine Rechenschaft ablegt".

Eine der wichtigsten allgemeinen Schlußfolgerungen des Buches ist, daß die Unendlichkeit der materiellen Welt als deren Unerschöpflichkeit betrachtet wird. Dieser Standpunkt geht auf Engels zurück, wird in dem vorliegenden Buch jedoch konsequenter formuliert, als es vor hundert Jahren möglich war. In der Tat deutet Engels die Unerschöpflichkeit der materiellen Welt zuweilen im Rahmen der „Kreislauf“-Konzeption an (in der „Dialektik der Natur“), während in anderen seiner Werke (Anti-Dühring“, „Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie“) die Vorstellung überwiegt, daß sich die Natur nicht in einem ewig gleichen, ständig von neuem sich wiederholenden Kreis bewegt, sondern eine wirkliche Geschichte hat: „... die Materie (hat) vor dem Urnebel eine unendliche Reihe anderer Formen durchgemacht: ...“. Die Kreislaufkonzeption, eine der ältesten Ideen der Philosophie, schon in den Weltzyklen der indischen Philosophie verkörpert, hat Engels offenbar insofern verwendet, als sie damals die einzige genügend konkrete Möglichkeit bot, die Vorstellungen vom „Wärmetod des Alls“ loszuwerden.

Im Buch „Unendlichkeit und All“ erfreut sich die Kreislaufkonzeption sozusagen keiner Popularität, wenn auch ein Autor, Frank-Kamenetzki, ein physikalisch sehr interessantes Modell bietet, das auf dem Niveau der modernen Wissenschaft die Boltzmannsche Fluktuationstheorie weiterentwickelt. Die Idee vom Kreislauf der Materie im All wird in ihrer orthodoxen Form mit aller Bestimmtheit in dem Buch nur von E. Colman unterstützt, und zwar in dem für seine Arbeiten typischen polemischen Stil. Die Unbeliebtheit der Kreislaufidee im Autorenkollektiv scheint symptomatisch und demonstriert das Übergewicht der Meinung, daß innerhalb der Kreislaufhypothese „... die Natur ... alle in ihr inbegriffenen Entwicklungsstufen gleichzeitig und nebeneinander ausstellt und zu ewiger Wiederholung stets derselben Prozesse verdammt ist“, wie Engels im „Ludwig Feuerbach“ schrieb. Das ist, so schreibt er, „Widersinn einer Entwicklung im Raum, aber außer der Zeit“, der sich mit der Vorstellung von der Unerschöpflichkeit als einer Erscheinungsform der Unendlichkeit der materiellen Welt kaum vereinbaren läßt.

Im Vergleich zu dem von einem gigantischen Entwicklungskreislauf der Materie erfaßten „Boltzmannschen All“ ist das nebelhafte „Naansche All“, die topologisch und affin unendliche Gesamtheit der aus dem „Nichts“ entstehenden (und offenbar dorthin zurückkehrenden) Welten und Antiwelten, von „Zeitrissen“ in verschiedenen Richtungen gespalten, sozusagen „weit unerschöpflicher“ ...

Vom Standpunkt der modernen Physik anschaulicher ist das „Selmanowsche All“, eine schöne und kühne Verallgemeinerung des offen gesagt etwas eintönigen, homogenen und isotropen, allzu gewöhnlichen (wie sich doch die Zeiten ändern!) „Friedmannschen Alls“. Das „Selmanowsche All“ ist eine Materialisierung der ganzen Fülle von Gleichungslösungen der Relativitätstheorie, genauer gesagt der hypothetischen künftigen „allgemeinen physikalischen Theorie“, die die Quantenmechanik mit der allgemeinen Relativitätstheorie verbinden soll. Infolge der unendlichen Menge von Lösungen der relativistischen kosmologischen Gleichungen müssen die Gebiete, die gleiche Lösungen realisieren, im „Selmanowschen All“, die die Sprache des euklidischen metrischen Raums übertragen, durch unendliche Distanzen getrennt sein. Folglich ist das „Selmanowsche All“ das erste physikalische „Modell“ des unendlichen Alls und unendlich viel reicher und vielfältiger als das Modell vom All mit Kreislauf der Materie (jedenfalls in der Vernachlässigung der qualitativen Ähnlichkeit formal unterschiedlicher Lösungen).

Ein paar Worte zu den Mängeln des Buches. Die wohl größte Unzulänglichkeit ist die ungenügende Beachtung des zeitlichen Aspekts der Unendlichkeit des Alls (ein einziger kleiner Beitrag von Askin und im Grunde genommen fragmentarische Äußerungen anderer Autoren). Einige Artikel sind in entscheidenden Punkten der Argumentation schwer verständlich – möglicherweise wegen übermäßiger Lakonie (zum Beispiel Lastotschkins Beitrag „Unendlichkeit und Wahrscheinlichkeit“).

Hier ein Fazit. Das Buch „Unendlichkeit und All“ ist sehr interessant und zeitgemäß. Die Lektüre ist nicht leicht, aber regt zum Denken an. Der interne Diskussionscharakter sorgt auf der einen Seite für eine „Neutralisierung“ ungenügend begründeter Behauptungen der einen Autoren durch die harte Kritik anderer und zieht auf der anderen Seite den Leser in diese Diskussion hinein, so daß er zum Teilnehmer der Aussprache wird.

Uns will scheinen, daß derartige kollektive Arbeiten zu philosophischen Problemen der Naturwissenschaften selbständig und schöpferisch denkender Wissenschaftler in der Epoche der stürmischen Entwicklung der Naturwissenschaften besonders notwendig sind.

F. A. Zizin, Staatliches Astronomisches Institut „P. K. Sternberg“, Moskau; in „Priroda“ Nr. 6/70, nach „Presse der SU“, Nr. 89/70.

MITTEILUNGEN



DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT MITGLIED DER IAF

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

Über die Sichtbarkeitsbedingungen von Erdsatelliten

WOLFGANG STRUBELL

Bekanntlich stellt die theoretische Behandlung und genaue Berechnung der Bahn eines künstlichen Erdsatelliten ein schwieriges Problem dar, da die Erde ein abgeplattetes Rotationsellipsoid ist.

Die Beschaffenheit ihres Gravitationsfeldes bewirkt eine langsame Drehung (Präzession) der Bahnebene des Satelliten. Trotzdem wollen wir versuchen, die Bahn in einer gewissen Annäherung zu beschreiben, um damit denjenigen, die Satelliten beobachten wollen, die ungefähre Berechnung der Durchgangszeiten aus wenigen Angaben sowie die Beurteilung der Sichtbarkeitsverhältnisse zu erleichtern.

Es gilt:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= a(1-e)-r \\ h_2 &= a(1+e)-r \end{aligned} \right\} \quad [\text{km}] \quad (1)$$

$r = \text{mittlerer Erdradius} = 6371 \text{ km}$
 $a = \text{halbe große Achse}$
 $e = \text{numerische Exzentrizität}$

$$\text{und } a = 1 + \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \quad [\text{km}] \quad (2)$$

Nach den Gesetzen der Planetenbewegung ist die Geschwindigkeit des Satelliten

$$v = 6,303 \sqrt{\frac{20\,000}{b} - \frac{10\,000}{b}} \quad [\text{km}], \quad (3)$$

wobei b seine Distanz vom Erdzentrum in km ist. Perigäum ist $b = r + h_1$, im Apogäum $b = r + h_2$ und in den Endpunkten der kleinen Achse $b = a$ einzusetzen.

Wir bezeichnen die Neigung der Bahnebene gegen die Äquatorebene mit J . Bei den ersten sowjetischen Satelliten war $J = 65^\circ$, der Start erfolgte in östlicher Rich-

tung. Die Umlaufzeit T zwischen zwei aufsteigenden Knotendurchgängen läßt sich nach dem 3. Kepler'schen Gesetz mit a durch folgende Formel ausdrücken:

$$a^3 = 10\,097 \cdot T^2 \quad (4)$$

T in sec
a in km.

Weil sich die Erde unter der Bahn wegdreht, beschreibt der Satellit auf dem Gradnetz der Erde keinen Großkreis, sondern wandert nach jedem Umlauf etwas mehr westlich. Wählt man nun die Umlaufzeit als den n. Teil des mittleren Sonnentages ($24^h = 8640$ sec), so passiert der Satellit im Sichtbarkeitsbereich jeden beliebigen Breitenkreis jeden Tag zur gleichen Zeit, aber nicht am gleichen Ort, sondern jeden Tag um $0^\circ 59'$ westlicher Länge verschoben. Unter Berücksichtigung der Präzession erhöht sich dieser Betrag um weitere $3''$.

Setzt man $T = \frac{86\,400}{n}$, so ergeben sich nach (4) für verschiedene n die in Tabelle 1 angegebenen Werte von a.

Tabelle 1:

n	T	a
16	90m 00s	6653 km
15	96 00	6945
14	102 51	7272
13	110 46	7640
12	120 00	8059
11	130 55	8540
10	144 00	9101

Wie die Rechnung ergibt, sind größere Werte als $n = 16$ ausgeschlossen.

Es erhebt sich nun die Frage, wie eine Satellitenbahn im geographischen Gradnetz verläuft. Unter der vereinfachenden Annahme, die Bahn sei ein Kreis, ergeben sich die folgenden aus der sphärischen Trigonometrie abgeleiteten Formeln, wenn der Satellit im Ort P (ϱ, l) gesehen werden soll:

$$t' = \frac{t}{U} \cdot 360 \quad \begin{array}{l} t = \text{Zeit (Uhrzeit)} \\ U = \text{Umlaufszeit} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \sin \varrho = \sin J \cdot \sin t' \\ l = \cos J \cdot \operatorname{tg} t' \end{array} \quad (5) \quad \begin{array}{l} J = \text{Neigung der Bahnebene des Satelliten} \end{array}$$

$$\operatorname{tg} i = \frac{\sqrt{\sin^2 J \cdot \sin^2 t'}}{\cos J - \frac{U}{86164} \cdot \cos^2 t'} \quad (6) \quad \begin{array}{l} \varrho) \text{ Koordinaten des Punktes P} \\ l) \text{ auf der Erde} \\ i = \text{Richtung, aus der der} \\ \text{Satellit nach P kommt.} \end{array}$$

Für die Berechnung der Durchgangszeiten ist nun der Ort P (ϱ, l) bekannt. Es sei nun

$$\sin t_1' = \frac{\sin \varrho}{\sin J} \quad (7)$$

Ihm würde ein Durchgang aus Südwesten entsprechen. Fernerhin soll gelten:

$$\operatorname{tg} \lambda = \cos J \cdot \operatorname{tg} t_1' \quad (8)$$

Daraus leitet sich dann ab:

$$\Delta t = \frac{U}{360} (180^\circ - 2t_1') = \left(\frac{1}{2} - \frac{t_1'}{180} \right) \cdot U \quad (9)$$

$$\text{und } \Delta l = 180^\circ - 2\lambda - \frac{U}{86164} (180^\circ - 2t_1) \quad (10)$$

und ergeben sich folgende Regeln für Satellitenbahnen:

1.) Passiert der Satellit zur Zeit t den Ort P (ϱ , l), so passiert er am gleichen Tag zur Zeit $t + U$ den Ort P (ϱ_1 , l_1) mit $l_1 = l + \frac{U \cdot 360}{86164}$ in gleicher Richtung.

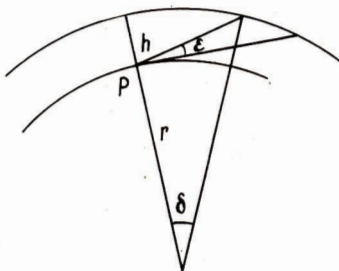
2.) Passiert er den Ort P (ϱ , l) zur Zeit t aus SW, so passiert er den Breitenkreis von P aus NW zur Zeit $t + \Delta t$, wobei Δt nach (9) berechnet werden kann.

Um zu berechnen, wann er am gleichen Tag in der Nähe von P den Breitenkreis von P aus NW passiert, hat man nur zu sehen, wieviele Umläufe der Satellit braucht, um den nach (10) berechneten Längenunterschied Δl zu passieren und diese auf ganze Umläufe aufgerundete Zeit zu t zu addieren.

Nach Kenntnis der Durchgangszeiten sind nun noch die Bedingungen für die Sichtbarkeit des Satelliten festzustellen. Erste Bedingung dafür ist natürlich, daß der Satellit zum gegebenen Zeitpunkt in der Nähe passiert, so daß er noch über dem Horizont ist.

Wie groß darf der Winkelabstand δ der Satellitenbahn (Abb. 1) vom Beobachtungsort P entfernt sein, damit der Satellit mindestens eine Höhe h über dem Horizont erreicht?

Abb. 1



Ist h die momentane Höhe der Bahn, so gilt:

$$\frac{\sin(90^\circ + \epsilon + \delta)}{r} = \frac{\sin 90^\circ + \epsilon}{r + h}$$

$$\text{oder } \cos(\epsilon + \delta) = \frac{r}{r + h} \cdot \cos \epsilon \quad (11)$$

Für ein angenommenes $\epsilon = 10^\circ$ erhält man die in Tabelle 2 angegebenen Werte.

Tabelle 2:

h	δ
200 km	$7^\circ,3$
400	$12^\circ,1$
600	$15^\circ,8$
800	$19^\circ,0$

Um den zu δ gehörigen Längenunterschied Δl näherungsweise zu erhalten, muß man noch durch $\cos \varrho$ dividieren.

Eine weitere Bedingung für die Sichtbarkeit ist, daß Dämmerung herrscht und daß der Satellit trotzdem noch im Sonnenlicht seine Bahn zieht. Ob diese Bedingung erfüllt ist, läßt sich bei bekannter Höhe des Satelliten beurteilen, wenn man die Höhe der Schattengrenze kennt.

Literatur:

P. Crantz und M. Hauptmann: Sphärische Trigonometrie. Leipzig 1950. — D. King-Hele: Theorie der Umlaufbahnen künstlicher Satelliten in der Atmosphäre. Moskau 1966 (russ.). — J. Frischauf: Grundriß der theoretischen Astronomie. 3. Auflage, Leipzig 1922. — J. Astrand: Hilfstafeln zur Auflösung des Kepler'schen Problems. Leipzig 1890. — G. Eichler und H. Körner: Satelliten. Leipzig 1958.

Aktuelle Fragen für die Praxis des Weltraumrechts

Nachrichtensysteme — Hilfeleistung — Zusammenarbeit

PROF. Dr. G. REINTANZ

Immer stärker treten in der Entwicklung der Raumfahrt jene Arbeiten in den Vordergrund, die den Weltraum für praktisch-ökonomische Zwecke nutzen.

Von diesen praktisch-ökonomischen Komponenten der Raumfahrt wird auch das Weltraumrecht erfaßt. Es wendet sich verstärkt praktischen Problemen zu. Dabei steht zur Zeit im Vordergrund die juristisch-organisatorische Ausgestaltung der internationalen Organisation zur Nachrichtenübermittlung durch Satelliten. Ein zweites Problem, das durch Apollo XIII größte Aktualität erlangte, ist die Hilfeleistung bei Notlagen im Weltraum. Als drittes Problem zeichnet sich die Zusammenarbeit im Kosmos ab.

Gegenwärtig gibt es zwei Nachrichtensatelliten-Systeme: Das sowjetische Molnija-System und das von den USA beherrschte Intelsat-System.

Während der Ausbau des Molnija-Systems in seiner gegenwärtigen Entwicklungsstufe durch zweiseitige Verträge, zum Beispiel neuesten mit der Mongolischen VR und Kuba, erfolgt, ist Intelsat eine zwischenstaatliche Organisation, die z. Z. aus 75 Staaten besteht, die gemeinsam 8 Nachrichtensatelliten betreiben.

Intelsat wird seit seiner Gründung 1964 von den USA beherrscht. Gegen diese Dominanz richtet sich die offene oder versteckte Opposition zahlreicher Mitgliedsstaaten. Seit 1969 wird an einer Revision des Gründungsvertrages gearbeitet, um den Mitgliedern einen größeren Einfluß auf die Entwicklung der Organisation einzuräumen. Bisher kam in den drei großen Konferenzen von 1969 und 1970 keine Einigung zustande. Bis Ende 1970 soll erneut beraten werden.

Experten rechnen damit, daß der jetzige Zustand der USA-Vorherrschaft im Intelsat noch für eine Übergangszeit von 3–5 Jahren beibehalten wird, ehe die USA sich bereitfinden, einer weitgehenden Internationalisierung von Intelsat zuzustimmen,

um damit der Souveränität und Gleichberechtigung der Mitgliedstaaten zu entsprechen.

Es muß damit gerechnet werden, daß gegen Ende der 70er Jahre noch ein 3. Nachrichtensatelliten-System erscheint.

Wenn berücksichtigt wird, daß bis dahin der direkte Heimempfang technisch und ökonomisch gelöst ist, dann drängt sich das Problem einer umfassenden rechtlichen Ordnung dieser neuen Fernmeldetechnik auf, die nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand am besten in Form einer internationalen Dachorganisation über den verschiedenen Systemen zu gewährleisten ist. Das von den sozialistischen Staaten 1968 entwickelte Modell einer solchen Organisation in Gestalt der sogenannten Inter-sputnik-Organisation kann eine gute Grundlage für den Aufbau einer solchen internationalen Dachorganisation für Fernmeldesatelliten abgeben.

Die Notlage von Apollo XIII hat deutlich gemacht, daß es an der Zeit ist, internationale Rettungsaktionen völkerrechtlich zu planen und zu regeln.

Der sowjetische Weltraumjurist Shukow hat 1967 vorgeschlagen, durch internationalen Vertrag einen Weltraumrettungsdienst zu organisieren; ein solcher Dienst könnte z. B. vorsehen: bemannte Flugkörper, die zum erfolgreichen Einsatz bereitstehen und unbemannte Flugkörper, die rasch gestartet werden können, um einen in Not befindlichen Kosmonauten mit den notwendigen Hilfsmaterialien zu versehen. Die nicht unbeträchtlichen Kosten für ein Hilfsunternehmen zur Rettung von Kosmonauten müßten von dem Hilfe fordernden Staat getragen werden.

Im März 1958 unterbreitete die Sowjetunion der UNO detaillierte Vorschläge über die Ausarbeitung eines koordinierten internationalen Programms für den Start interkontinentaler und kosmischer Raketen zur Erforschung des Weltraumes. Wenn auch dieses von der Sowjetunion vorgeschlagene Programm infolge der gegensätzlichen Einstellung der USA und ihrer Verbündeten in der UNO nicht realisiert werden konnte – sie hofften damals, den Vorsprung der Sowjetunion in der Weltraumtechnik in absehbarer Zeit egalisieren und schließlich ausschalten zu können – und die weitere Entwicklung zu getrennten internationalen Aktivitäten in Gestalt der ELDO und der ESRO auf kapitalistischer Seite und des Interkosmos auf sozialistischer Seite führte, so gelang es der Sowjetunion doch, den Gedanken der internationalen Zusammenarbeit wach zu halten.

Es existiert ein solcher internationaler Startplatz in Äquatornähe in Thumba (Indien). Argentinien ist im Begriff, einen äquatornahen Startplatz in Mar Chiquita aufzubauen. Über beide Stationen hat die UNO die Treuhandschaft übernommen.

Notwendig ist jedoch, daß für diese internationalen Startplätze noch ausführlichere Satzungen und Betriebsordnungen ausgearbeitet werden. Die Bedingungen, unter denen diese Startplätze für andere Staaten arbeiten, müssen noch juristisch exakt, gleichsam in Form von Dienstleistungsverträgen, ausgearbeitet werden.

Satellitenfernmeldedienste

Fernmeldesatelliten-Verbindungen der UdSSR

Am 11. April und 22. Juli 1969 wurden in der UdSSR zwei Molnja-1-Satelliten mit dem Ziel der Sicherung eines störungsfreien Telefon- und Telegraphendienstes über große Entfernungen und der Übertragung der Programme des Zentralen Fernsehens der UdSSR zu ORBITA-Stationen in entferntesten Teilen des Landes in Betrieb gesetzt. Die weitere Ausdehnung dieser Netze wird kontinuierlich fortgesetzt. Folgende Stationen wurden fertiggestellt und in Dienst genommen: Abakan, Krasnojarsk, Gurljew, Dscheskazgan und Kysyl. Damit umfaßte

das Orbita-Netz am Ende 1969 31 Stationen. Weitere Stationen sind bereits im Aufbau oder geplant, 1969 wurde die große Skala technischer Verbesserungen und Kapazitätserweiterungen von Erdstationen und aller Weltraumfernmeldeverbindungssysteme fortgesetzt. Messungen zur Sicherstellung der Farbfernsehübertragungen über das Netz der Orbitastationen via Molnja I wurden durchgeführt, Einrichtungen für die gleichzeitigen Übertragungen von Bild- und Tonsignalen bei Farbfernsehprogrammen wurden entworfen.

Eine Methode zur Sendung von Photokopien für Zeitungen über Satellitenverbindungen im selben Fernsehkanal mit dem Bildsignal wurde entwickelt und geprüft. Die Internationale Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und anderen Ländern auf dem Gebiet der Weltraumnachrichtenverbindungen hat sich günstig entwickelt als Methode der Zusammenarbeit sowohl bei der Erforschung des Weltraumes wie bei seiner Nutzung für friedliche Zwecke. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Stärkung und Ausweitung der Zusammenarbeit mit den sozialistischen Ländern geschenkt. Um die Koordinationsbemühungen hinsichtlich der rationalen Nutzung der wissenschaftlichen und ökonomischen Potentiale der sozialistischen Länder zu sichern, haben die Mitglieder der Organisation im Jahre 1969 entsprechende Beratungen durchgeführt.

Mit Hilfe der UdSSR wurden die technischen Einrichtungen der Erdstation in Ulan-Bator gebaut und installiert (Mongolische Volksrepublik). Die Station wurde zum 100. Jahrestag der Geburt von W. I. Lenin in den Dienst gestellt und arbeitet via Molnja I im Orbita-Netz. Im November 1969 wurden Fortschritte in der Kooperation zwischen der UdSSR und Frankreich auf dem Gebiet der Weltraumnachrichtenverbindungen mit der Vorbereitung eines Planes für die zukünftige Arbeit erzielt.

Die grundlegenden Bestimmungen der „Vorläufigen Regelung für Fernsprechübertragungen auf der Verbindung „UdSSR-Frankreich via Molnja I Satelliten“ wurden geprüft und angenommen. Es ist nunmehr möglich, hochqualitativen Fernsehaustausch zwischen Frankreich und der UdSSR via Satelliten durchzuführen.

Versuche für eine Telefonverbindung zwischen Moskau und Paris via Molnja I Satelliten wurden ebenfalls aufgenommen. Die Versuche zeigen, daß, wie im Falle der Fernsehübertragungen, die Zweifach-Telefonverbindung den Empfehlungen des CCIR und des CCITT für Internationale Telefonkanäle entsprechen.

Satellitenfernmeldedienst der Mongolischen Volksrepublik

Eine neue Erdstation, die im ORBITA-Netz arbeitet, wurde mit Unterstützung der UdSSR fertiggestellt. Seit Januar 1970 empfängt die ORBITA-Station Übertragungen vom Molnja-1-Fernmeldesatelliten und hat eigene Übertragungen aus dem Fernsehzentrum ULAN BATOR durchgeführt.

Jordanien Satellitenfunkverbindungen

Das jordanische Ministerium für Post- und Fernmeldewesen begann Anfang 1969 eine Erdstation für Satellitenfunkverbindungen einzurichten. Sie liegt 25 km nördlich von Amman und wird den atlantischen Satelliten für Fernmeldeverbindungen zu folgenden Ländern benutzen: USA, England, Frankreich, Italien, Spanien, Marokko. Es ist vorgesehen, Syrien und den Irak ebenfalls zu bedienen. Die jordanische Erdstation wird anfangs eingerichtet für die Sendung und den Empfang von 24 Telefonkanälen, 24 Telegraphenkanälen und einem Fernsehkanal.

Die Fernmeldesatelliten-Bodenstation im Libanon

Das Generalbüro des Fernmeldewesens des Libanon weihte seine Erdstation ARBANTE am 7. September 1969 ein. Diese Station wird über INTELSAT-III-F 2 (Atlantischer Ozean) betrieben und stellt folgende Fernmeldeverbindungen her: Libanon-Frankreich: 8 Fernmeldekreise; Libanon-USA: 3 Fernmeldekreise; Libanon-England: 3 Fernmeldekreise; Libanon-Italien: 2 Fernmeldekreise.

Kuweit und seine Satellitenfernmeldedienste

Gemäß seiner geographischen Lage und seinem Handel hat Kuweit die Weltraumfernmeldeverbindungen für seine weiten Fernmeldeverbindungsbedürfnisse gewählt. Da es einen Freihafen unterhält, hat Kuweit Handelsbeziehungen zu fast allen Ländern. Das jeweils nächste politische und Handelszentrum der Nachbarländer ist mehr als 500 - 1000 km entfernt. Kuweit hat keine Unterwasserkabelverbindungen oder andere stabile Fernmeldeverbindungsmöglichkeiten. Diese Faktoren bestimmen die Wahl des Fernmeldesatellitensystems. Kuweit ist das erste arabische Land, welches mit dem Aufbau einer Erdstation begann.

Ein noch nicht gelöstes Problem betrifft den Einfluß der Sandstürme auf die Arbeit der Station und auf die Ausbreitungsbedingungen. Studien haben gezeigt, daß die Dämpfung bei Sand-

Fortsetzung 3. Umschlagseite.

Mehrsprachige Fernsehbegleittonübertragungen bei Fernsatsatelliten

Durch die Fernsatsatellitentechnik ist das Problem der gleichzeitigen Übertragung mehrerer Tonkanäle zu einem Fernsehbild stark in den Vordergrund gerückt. Es tritt z. B. bei der interkontinentalen Übertragung von Sportgroßereignissen (Olympiaden, Weltmeisterschaften etc.) auf, wo zum Fernsehbild zahlreiche Tonkanäle in die verschiedenen Länder mit meist erheblichem Aufwand bereitgestellt werden müssen.

Auch künftige Satellitenanwendungen erfordern seine Lösung, so der (zwar heute noch umstrittene) Satellitendirekt Empfang, die breite internationale Nutzung des Verteilersatellitenprinzips oder die sog. Bildungssatelliten. Die internationale Programmverteilung z. B. wird nur dann Anklang finden, wenn der Begleitton in der jeweiligen Landessprache ausgestrahlt wird. Auch die nationale Programmverteilung kann einen mehrsprachigen Begleitton erfordern, wenn es sich um mehrsprachige Länder handelt wie z. B. Belgien. Schließlich sei das Projekt des Bildungssatelliten erwähnt, wie 1972 erstmals einer für Indien durch die NASA gestartet werden soll. In diesem speziellen Fall handelt es sich um einen von HUGHES AIRCRAFT entwickelten Synchronsatelliten, der im Bereich des indischen Subkontinents in die Bahn gebracht werden soll. Seine Leistung wird so bemessen sein, daß ein Direkt Empfang mit Heimempfangsanlagen möglich ist. Ausgestrahlt werden spezielle Bildungs- und Erziehungsprogramme. Zunächst sollen 2000 Fernsehempfänger aufgestellt werden, die über Parabolantennen von 120 cm Durchmesser mit nachgeschaltetem Umsetzer direkt vom Satelliten oder über Kabel von zentralen Großgemeinschafts-Empfangsanlagen versorgt werden. Da Indien über viele Volksgruppen mit z. T. völlig verschiedenen Sprachen verfügt, ist es unumgänglich, den Fernsehbegleitton in mehreren Sprachen auszusenden. Zunächst sind fünf Hauptsprachen Indiens dafür vorgesehen.

Für all diese Anwendungsfälle erteilte die UNO der CCIR den Auftrag, ein Fernsehsystem zu entwickeln, bei dem neben dem Bild der Begleitton gleichzeitig in mehreren Sprachen ausgestrahlt werden kann. Einen interessanten Lösungsvorschlag stellte G. Gamann (SEL) im Rahmen eines Fachvortrages auf der Hannovermesse 1970 vor. Das von ihm entwickelte „COM-System“ (Compressed Multisound) erlaubt die Übertragung von 12 verschiedenen Sprachsignalen mit je 13 kHz Bandbreite (gute Musikqualität) oder für Spezialfälle 24 Tonsignalen mit je 6,5 kHz Bandbreite, ausreichend für Sprachsignale und damit z. B. Lehrsendungen. Die Übertragung der Bild- und Tonsignale erfolgt in einem Übertragungskanal als integriertem Bild-Ton-Kanal. Die heute noch erforderlichen separaten Übertragungswege für die Tonkanäle entfallen, womit die Wirtschaftlichkeit von Satellitensendungen wesentlich erhöht wird.

Das Verfahren nutzt zur Tonübertragung die Pausen zwischen der Übermittlung der einzelnen Fernsehbilder aus. Bekanntlich besteht jedes Fernsehsignal aus einer Vielzahl zeitlich nacheinander gesendeter Einzelbilder. Zwischen den Bildern befinden sich kurze, für den Zuschauer nicht wahrnehmbare Pausen, in denen die Synchronisierungsimpulse übertragen werden. 12 dieser unbesetzten Pausen benutzt das neue Verfahren für die Übermittlung der Tonsignale. Da eine solche Pause nur eine Dauer von wenigen Mikrosekunden hat, ist es notwendig, die Tonsignale stark zu komprimieren. Während der Bildübertragung wird deshalb das Tonsignal für die Dauer eines Bildes (20 ms) zunächst gespeichert. Wird die erste Pause erreicht, wird es mit erhöhter Geschwindigkeit gesendet und von der Empfangsstation aufgenommen. Hier wird es ebenfalls zunächst wieder gespeichert und während der folgenden 20 ms, während der das nächste Bild übermittelt wird, vom Speicher mit der ursprünglichen Geschwindigkeit an Verstärker und Lautsprecher weitergegeben. Sendersseitig wird während dieser Zeit das nächste Tonsignal gespeichert usw. Dieser Vorgang läßt sich parallel mit 12 verschiedenen Tonsignalen realisieren. Die Tonkanäle sind alle gleichsam in das Bild hineingeschachtelt.

Heimempfänger oder Empfangsstationen, die derartige Signale aufnehmen, müssen, wie die Sender auch, mit einigen neuartigen Baustufen ausgerüstet werden. Dafür können einige Stufen heutiger Geräte entfallen. Mit Hilfe eines Sprachwahlschalters könnte dann, ähnlich wie mit dem Kanalwähler der Sender, die Sprache des Begleittones gewählt werden.

Zweifelloso handelt es sich hierbei um eine interessante technische Entwicklung, die bei internationaler Einführung einen beachtlichen Fortschritt der Fernsatsatellitentechnik bringen würde. Am Rande erwähnt sei, daß dieses durch die Raumfahrt stimulierte Verfahren auch für irdische Sendungen Anwendung finden kann, ebenso für andere Zwecke, wie z. B. Stereotonübertragungen zu Fernsehbildern.

H. D. NAUMANN

Literatur:

- Gassmann, G. G.: Compressed Multisound (COM). Funktechnik, 25 (1970) 10, S. 371 . . . 373. — Koch, E.: Der Bildschirm wird jetzt mehrsprachig. Stuttgarter Zeitung, 4. 5. 1970.

Sturm nicht sehr viel stärker ist, als bei Niederschlag. Versuche mit der Station haben ergeben, daß Staubstürme anscheinend keinen bedeutenden Einfluß auf die Ausbreitung der Frequenzen der Erdstation haben. Beträchtliche Beachtung muß dem Effekt von Staub und Sand jedoch bei den mechanischen Einrichtungen zugemessen werden. Es ist noch zu früh zu beurteilen, welche Schwierigkeiten durch Auswirkungen von Staub und Sand entstehen.

Der Vertrag für den Bau der Erdstation in Kuwait in Umm-Al-Aish wurde im März 1968 mit der Nippon-Electric-Company abgeschlossen. Die Station wurde erst im Oktober 1969 in Betrieb genommen, weil der Aufbau durch Witterungsbedingungen und Unwettereinflüsse gehemmt wurde.

Fernmeldesatelliteneinrichtung in Malaysia

Die Malaysia-Satelliten-Erdstation wurde im Frühjahr 1969 begonnen, als der Vertrag für die Einrichtungen und für den Bau der Antenne abgeschlossen wurde. Die Arbeit begann im Mai 1969 und im Dezember waren die Antenne und die meisten Einrichtungen installiert. Tests wurden vorgenommen. Die Station liegt in der Nähe von Kuantan, einer Stadt an der Ostküste von Malaysia, über 180 Meilen östlich der Bundeshauptstadt Kuala Lumpur. Ihre Koordinaten sind: 3,94° N Breite und 103,35° E Länge. Wenn sie fertiggestellt ist, wird eine ferngesteuerte automatische Verfolgungs-AZ-E-1-Antenne mit einem 97"-Parabol-Cassegrain-System mit dem Satelliten über dem Indischen Ozean arbeiten.

Der Erdstationsempfänger hat drei heliumgekühlte cryogenparametrische Verstärker. Die Telefonverbindungseinrichtungen ermöglichen die Verbindung mit 9 Ländern, bei der jede Kette doppelt ausgelegt ist; Fernsehkanäle für Bild und Ton sind vorgesehen.

Japan

Satellitenfernmeldedienste und Internationale Fernmeldesatellitenverbindungen

K.D.D., die japanische Fernmeldegesellschaft von INTELSAT, hat zunächst Dienste betrieben, die durch INTELSAT II-F 4 Satelliten ermöglicht wurden (Verbindungen nach Hawaii, USA, Australien, Thailand, Philippinen, Hongkong usw.) Sie wurden nach INTELSAT III-F 3 überführt, nachdem dieser Anfang Februar 1969 seinen Betrieb aufgenommen hatte.

Die zweite Einrichtung IBARAKI-Fernmeldesatelliten-Zentrum begann ihren Betrieb über INTELSAT III-F 4 am 3. Juni 1969. (INTELSAT III-F 4 wurde Mitte Mai 1969 über den Pazifik gesetzt, INTELSAT III-F 3 zum Indischen Ozean umgesetzt). Die Fernmeldekreise via F 3 wurden auf F 4 umgeschaltet).

INTELSAT III-F 3 steht seit Ende Juni 1969 über dem Indischen Ozean. Das Yamaguchi-Fernmeldesatelliten-Zentrum eröffnete die Fernsehübertragungen über diesen Satelliten zwischen Japan und England am 6. August 1969 und später mit Indonesien (19. September), Westdeutschland (13. Oktober) und Kuwait (28. Oktober).

Darüber hinaus übernahm Japan die Fernsehübertragungen der Investitur von Prinz Charles (Prince of Wales) am 1. Juli über INTELSAT III-F 3 und INTELSAT III-F 4. Wegen eines Defektes an der Antenne konnte INTELSAT III-F 2 Ende Juni nicht genutzt werden.

Versuche unter Benutzung von Satelliten für die Anwendungstechnologie (ATS):

Das Funkforschungslaboratorium des japanischen Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen hat seine Teilnahme an den ATS-Experimenten, die von der NASA gefördert wurden, fortgesetzt und verschiedene Experimente mit der Kashima-Erdstation durchgeführt. Dabei wurden die neue 26-m- und die alte 30-m-Antenne benutzt. Die Position und der Umlauf von ATS-1 wurden ständig gemessen. Versuche mit dem SSB-PM Vielfachzugriff-Fernmeldesystem wurde im Mai und Juni 1961 in einem Rahmenprogramm durchgeführt. Das Vielfachzugriff-Fernmeldeverbindungsexperiment wird ab 1970 unter Benutzung eines Transponders an Bord ATS-1 zwischen der Rosman- und Mojave-Erdstation der NASA, der Coobey-Creekstation in Australien und der Kashima-Erdstation durchgeführt. Der Empfang von Signalen der Spin-Radar-Wolkenkamera von ATS-1 wurde mit der alten 30-m-Antenne bis September 1969 fortgesetzt. Diese Signale wurden von der Kamera aufgenommen, die im März 1969 fertiggestellt wurde.

Der ATS-5-Satellit wurde mit R&RR-Systemen und Polang-Systemen in bezug auf seine Ortsveränderung und seine Ablenkung seit seiner Inbetriebsetzung im August 1969 gemessen.

Lo. Fb

Verkaufe: „Astronomie und Raumfahrt“,

Jahrgang 1963, 1964, 1965 jeweils Heft 1-6; Jahrgang 1966 Heft 1-5. Die Hefte werden nur geschlossen für 30,00 M abgegeben.

Heinz Spengemann
8514 Pulsnitz

Otto-Buchwitz-Siedlung 77

2179 Himmelscharlotten 15

Astronomie und Raumfahrt