



# Astronomie und Raumfahrt

## **Inhalt:**

Raumfahrttechnische und -medizinische Eigenschaften verschiedener Kabinatmosphären · <i>Hans Swart</i> . . . . .	1
Solarzellen zur Bordenergieversorgung von Raumflugkörpern · <i>Dr. E. Hollax</i> . . . . .	6

### **Amateure beobachten und berichten**

Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. und 4. Vierteljahr 1967 · <i>Erich Schütz</i> . . . . .	11
Erfolgreiches 1967 der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft URANIA, Jena · <i>Helmut Wolf</i> . . . . .	12

**Prof. CUNO HOFFMEISTER**

<i>Dr. W. Wenzel</i> . . . . .	13
--------------------------------	----

### **Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft**

Aufgabenstellung und Instrumentierung der Satelliten der OGO-Serie · <i>Karl-Heinz Neumann</i> . . . . .	14
Die hydropneumatische Rakete. Theorie eines Spielzeugs · <i>Dr. Erhard Hantzsche</i> . . . . .	23

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Rühle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11-12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1967 mit 6 Heften. Bezugspreis einschl. Zustellgebühr 9,00 MDN. Einzelheft 1,50 MDN. 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, Halle (S.), Geiststraße 22

# Raumfahrttechnische und -medizinische Eigenschaften verschiedener Kabinatmosphären

HANS SWART

Am 27. Januar 1967 brach bei einer Startübung an Bord der Apollo-Raumkapsel 204 Feuer aus, dem die drei Astronauten Virgil Grissom, Edward White und Roger Chaffee zum Opfer fielen. Die mehrwöchige Untersuchung der Ursachen der Katastrophe erbrachte den Beweis, daß die Konstruktion des Apollo-Raumschiffs mit schwerwiegenden Mängeln behaftet war und bei den Flugvorbereitungen elementare Sicherheitsmaßnahmen unterlassen bzw. vernachlässigt wurden. Neben dem Fehlen von Schleudersitzen für die Besatzung ist die in den amerikanischen Raumkapseln bisher benutzte Atmosphäre aus reinem Sauerstoff als eine der Hauptursachen des Unglücks anzusehen. Die Diskussion über die günstigste Zusammensetzung des Atemgases in Raumfahrzeugen und Raumstationen wurde dadurch erneut belebt.

Hauptaufgabe der Kabinatmosphäre ist die Aufrechterhaltung eines für die Atmung geeigneten Sauerstoffdrucks in den Alveolen (Lungenbläschen) der Kosmonauten. Sinkt der alveolare Sauerstoffdruck unter 60 Torr, so tritt Sauerstoffmangel in den Geweben auf; steigt er über 175 Torr, so wirkt der Sauerstoff toxisch. Der alveolare Sauerstoffdruck ist vom Gesamtdruck und vom Sauerstoffpartialdruck in der Kabine abhängig. Es gibt daher zahlreiche Möglichkeiten, diese beiden Parameter zu variieren. Praktisch wurden bisher zwei Varianten genutzt. Die sowjetischen Kosmonauten atmeten ein der natürlichen Luft ähnliches Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch mit 19–29 % O<sub>2</sub> unter 1 atm Druck [1]. In den amerikanischen Raumkapseln wurde reiner Sauerstoff bei einem Druck von 0,34 atm benutzt. Gelegentlich werden in der Literatur noch zwei andere Atemgase diskutiert und zwar Gemische aus 50 % Sauerstoff / 50 % Stickstoff und 50 % Sauerstoff / 50 % Helium, beide unter einem Druck von 0,5 atm.

In Tabelle 1 sind die genannten Atmosphären übersichtlich zusammengestellt. Im folgenden soll versucht werden, ihre Vor- und Nachteile unter verschiedenen raumfahrttechnischen und -medizinischen Aspekten zu vergleichen (Tabelle 3) und zu einem abschließenden Werturteil zu gelangen.

**Tabelle 1: Zusammensetzung und Druckverhältnisse verschiedener Kabinatmosphären**

Bezeichnung	Zusammensetzung	Kabinendruck Torr	O <sub>2</sub> -Partialdruck in der Kabine Torr	alveolarer O <sub>2</sub> -Druck Torr
A	27,5 % O <sub>2</sub> , 72,5 % N <sub>2</sub>	760	210	150
B	50 % O <sub>2</sub> , 50 % N <sub>2</sub>	380	190	120
C	50 % O <sub>2</sub> , 50 % He	380	190	120
D	100 % O <sub>2</sub>	260	260	180
Luft	21 % O <sub>2</sub> , 79 % N <sub>2</sub> u. a.	760	160	100

### Gesamtmasse des Raumfahrzeugs

Von Zusammensetzung und Druck der Kabinenatmosphäre hängen einige Faktoren ab, die sich auf die Gesamtmasse des Raumfahrzeugs auswirken. Die wichtigsten seien kurz angeführt:

1. Die Wandstärke des Druckbehälters der Kabine ist dem Kabinendruck proportional. Je höher der Druck ist, umso größer wird daher auch die Masse des Druckbehälters.
2. Zur Abscheidung toxischer Stoffwechselprodukte sowie zur Kühlung der Kosmonauten und elektrischen Bordgeräte ist eine Ventilation der Atmosphäre notwendig. Bekanntlich tritt bei Schwerelosigkeit keine Luftkonvektion auf, und die Kühlung durch Abstrahlung ist ungenügend. Die für Kühlzwecke erforderliche Ventilationsenergie ist der zweiten Potenz der Gasdichte und der dritten Potenz der spezifischen Wärme des Gasgemisches umgekehrt proportional. Die Atmosphäre D benötigt daher eine etwa zehnmal größere Ventilationsenergie als das Gemisch A. Bei den Geminiflügen mußten z. B. durch jeden Raumanzug durchschnittlich 280 Liter Sauerstoff pro Minute strömen, um die Körperwärme der Astronauten abzuführen. Hoher Energiebedarf bedeutet aber einen hohen Masseanteil für elektrische Stromquellen.
3. Geringe Undichtheiten der Kabine führen zu ständigen Gasverlusten, die – abgesehen von der Zusammensetzung des Gases – bei einer bestimmten Flugdauer in erster Linie dem Innendruck proportional sind. Bei den bisherigen amerikanischen Raumflügen rechnete man mit einem Schwund von etwa 0,9 kg pro Tag.
4. Gasverluste treten auch bei Ausstiegsmanövern der Kosmonauten auf. Die Masse der in den Weltraum entweichenden Gase ist dabei der Dichte der Kabinenatmosphäre proportional.
5. Zweigasgemische erfordern für Kontrolle und Dosierung der Komponenten einen größeren apparativen Aufwand als reiner Sauerstoff.

Mit steigender Kabinengröße und Flugdauer (Tabelle 2) wirkt sich die gewählte Zusammensetzung der Kabinenatmosphäre immer stärker auf die Gesamtmasse des Raumfahrzeuges aus. In Raumschiffen für Flüge bis zu einigen Tagen Dauer bedingt die Verwendung der reinen Sauerstoffatmosphäre die geringste Gesamtmasse. Optimierungsberechnungen von Parker u. a. [2] ergaben dagegen, daß in Raumstationen Zweigasgemische mit einem Druck von 350 Torr den geringsten Massebedarf aufweisen.

**Tabelle 2: Kabinenvolumen und maximale Flugdauer realisierter und geplanter Raumfahrzeuge bzw. Raumstationen**

Raumflugkörper	Kabinenvolumen m <sup>3</sup>	Maximale Flugdauer
Mercury	1,5	34 Stunden
Gemini	2,3	14 Tage
Wostok	~ 5	5 Tage
Apollo	~ 11	14 Tage
MOL	28,3	30 Tage
AORL, MORL	170	1 Jahr
LORL	1900	3 Jahre

## **Toxizität**

Reiner Sauerstoff wirkt in Abhängigkeit vom Druck nach einer gewissen Expositionszeit toxisch. Die Aufenthaltsdauer in reiner Sauerstoffatmosphäre mit 260 Torr sollte deshalb nicht über 14 Tage ausgedehnt werden. Beim Atmen von reinem Sauerstoff besteht außerdem die Möglichkeit einer Atelektase, d. h. nach Verlegen einzelner Abschnitte der Bronchialverästelungen durch Schleim oder Druck — besonders während der Beschleunigungsphasen bei Start und Wiedereintritt — kann die rasche Resorption des Sauerstoffs in den Lungenbläschen zu deren Zusammenfall führen [3]. Atelektasen sind von schmerzhaften Empfindungen begleitet und schränken die Vitalkapazität der Lunge ein. Werden von dieser Erscheinung größere Lungenbezirke erfaßt, kann es zum folgenschweren Lungenkollaps kommen. Schließlich sei noch erwähnt, daß als Folge eines hohen alveolaren Sauerstoffdrucks die Strahlenresistenz der Kosmonauten beeinträchtigt wird.

Gegen die Verwendung von Zweigasmischungen bestehen keinerlei toxikologische oder physiologische Bedenken.

## **Verhalten bei Dekompression**

Für die Sicherheit der Besatzung ist das Verhalten der Kabinatmosphäre bei einer plötzlichen Dekompression, z. B. als Folge eines Meteoritentreffers, besonders wichtig. Die Dekompressionsgeschwindigkeit hängt von mehreren Parametern ab. Zur Veranschaulichung sei ein Beispiel angeführt: Wir betrachten eine Kabine mit einem Volumen von  $15 \text{ m}^3$  und einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  und nehmen an, ein Meteorit schlägt ein  $2 \text{ cm}$  großes, rundes Loch in den Druckbehälter. Sofern aus den Vorratsgefäßen kein Sauerstoff nachgeliefert wird, beträgt dann die Zeit, in der der ursprüngliche Kabinendruck bis auf den Grenzdruck für das Auftreten von Sauerstoffmangel abfällt, bei den Atmosphären A 125, B 80, C 65, D 140 und Luft 65 Sekunden. Für Schließen des Helmvisiers und Raumanzugs oder Abdichten des Lecks stünden den Kosmonauten also je nach Zusammensetzung des Atemgases etwa 1 bis 2,5 Minuten, bei kleineren Kabinen natürlich entsprechend weniger Zeit zur Verfügung.

Werden Gemische mit Stickstoff benutzt, so besteht bei plötzlichem Druckabfall oder beim Übergang auf den niedrigeren Druck in den Raumanzügen bei Ausstiegsexperimenten außerdem die Gefahr der Caissonkrankheit. Als Folge der raschen Druckerniedrigung wird der im Blut gelöste Stickstoff in Form von Bläschen frei. Das schäumende Blut löst eine Gasembolie aus. Es kommt zu heftigen Kopf- und Gelenkschmerzen, nervösen Störungen, in schweren Fällen zu Lähmungen und Tod. Setzt man den geschädigten Körper möglichst bald dem ursprünglichen Druck wieder aus, so können sich die Erscheinungen zurückbilden. Um die Caissonkrankheit zu vermeiden, atmete die Besatzung von Woschod 2 vor dem Ausstieg Leonows zwei Stunden lang reinen Sauerstoff. Dabei wurde der Stickstoff aus dem Körper gespült, und der Übergang von  $1 \text{ atm}$  in der Kabine auf  $0,5 \text{ atm}$  im Raumanzug verlief ohne körperliche Schädigung.

## **Feuergefahr**

In allen Arbeiten über Atemgase für Kosmonauten wurde stets auf die außerordentlich große Feuergefahr bei Anwendung reinen Sauerstoffs hingewiesen. Sauerstoff an sich ist weder brennbar noch explosiv. Für die Entstehung eines Brandes sind auch hier drei Voraussetzungen notwendig: brennbares Material, Sauerstoff und eine Zündquelle. In reinem Sauerstoff unter  $0,34 \text{ atm}$  Druck verbrennen jedoch organische Substanzen etwa  $1,5$  mal so schnell wie in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch B unter  $0,5 \text{ atm}$  und dreimal so schnell wie in Luft. Außerdem werden zahlreiche Materialien, z. B. einige Plaste, die in Luft gar nicht oder nur sehr schlecht brennen, in reinem Sauerstoff leichter entzündlich.

Die größte Feuergefahr besteht während der Startvorbereitungen, beim Start selbst und, wie im Falle der Katastrophe in Kap Kennedy, bei bestimmten Simulationsexperimenten. In diesen Phasen beträgt der Druck in den mit reinem Sauerstoff gefüllten amerikanischen Raumkapseln 1 atm. Die Verbrennungsgeschwindigkeit ist unter diesen Bedingungen mindestens fünfmal so groß wie in Luft. Auf Grund von Experimenten in Flugzeugen glaubt man dagegen annehmen zu können, daß nach Eintritt des Raumschiffes in die Erdumlaufbahn infolge der fehlenden Konvektion die Feuergefahr erheblich erniedrigt wird. Die gasförmigen Verbrennungsprodukte umgeben den Brandherd wie ein Mantel, so daß Sauerstoff nur noch in ungenügendem Maße durch Diffusion Zutritt hat. Ob dieser Effekt jedoch hundertprozentig zum Ersticken der Flammen führt, müßte erst noch ausgiebig untersucht werden. Bis dahin ist es auf jeden Fall sicherer, Zweigasgemische zu verwenden.

Die sowjetischen Konstrukteure haben der erhöhten Brandgefahr vor Erreichen des schwerelosen Zustandes Rechnung getragen. Beim Start der Wostok-Raum-schiffe betrug der Sauerstoffgehalt der Kabinenatmosphäre 21–22 % und wurde erst in der Umlaufbahn allmählich auf eine Konzentration von 25–29 % erhöht.

### Schlußfolgerungen

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß es keine ideale Atmosphäre gibt, die allen an sie gestellten Forderungen maximal entspricht. Eine geringe Gesamtmasse des Raumfahrzeugs ist zwar erwünscht, darf aber keinesfalls auf Kosten der Sicherheit für die Besatzung erkauft werden. Die Toxizität einer reinen Sauerstoffatmosphäre kann bei Flügen bis zu 14 Tagen Dauer vernachlässigt werden. Als wesentliche Gesichtspunkte bei der Auswahl der Kabinenatmosphäre bleiben die Gefahren einer Dekompression und des Feuerausbruchs.

Neben dem geringen Masseaufwand waren die niedrige Dekompressionsgeschwindigkeit sowie die Tatsache, daß unter keinen Umständen die Caissonkrankheit zu befürchten ist, die Hauptgründe für die Verwendung von reinem Sauerstoff in den amerikanischen Raumkapseln. Wie sich inzwischen in der Praxis zeigte, ist das Zusammentreffen eines Raumschiffes mit einem Meteorit von gefährlicher Größe ein ziemlich unwahrscheinliches Ereignis. Die Gefahr einer plötzlichen Dekompression wurde zweifellos überschätzt. Im Gegensatz dazu steht die verhängnisvolle Unterschätzung der Feuergefahr.

**Tabelle 3: Vergleich der Eigenschaften von Kabinenatmosphären unter verschiedenen raumfahrttechnischen und -medizinischen Gesichtspunkten**

Gesichtspunkte	Reihenfolge
Masse des Druckluftbehälters der Kabine	$D < B, C < A, \text{Luft}$
Energiebedarf zur Abscheidung toxischer Produkte	$C < D < B < \text{Luft} < A$
Energiebedarf zur Kühlung der Kosmonauten	$C < \text{Luft} < A < B < D$
Gasverluste durch Undichtheiten	$D < B < C < A, \text{Luft}$
Gasverluste bei Ausstiegsmanövern	$C < D < B < \text{Luft} < A$
Aufwand für Regelgeräte	$D < C < A, B, \text{Luft}$
Gesamtmasse des Systems	
bei kurzen Flugzeiten	$D < C < B < \text{Luft}, A$
bei langen Flugzeiten, z. B. in Raumstationen	$C < B < D < \text{Luft} < A$
Dekompressionsgeschwindigkeit	$D < A < B < C, \text{Luft}$
Gefahr der Caissonkrankheit bei Druckabfall	$D$ (keine); $C < B < A < \text{Luft}$
Toxizität	nur $D$ geringe Toxizität
Feuergefahr	$\text{Luft} < A < B < C < D$

Wie bekannt wurde, will die NASA die reine Sauerstoffatmosphäre in den Apollo-Kapseln beibehalten. Um ein erneutes Unglück zu vermeiden, sind einige technische Änderungen und verstärkte Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen. Der weitestgehende Austausch brennbarer gegen unbrennbare Materialien sowie eine umfangreiche Flammenwidrigausrüstung sollen die Brandanfälligkeit im Kapselinneren herabsetzen. Durch Umkonstruktion und verbesserte Materialauswahl sollen besonders die elektrischen Anlagen so abgesichert werden, daß unter keinen Umständen Kurzschlüsse auftreten und als Zündquelle fungieren können. Ferner werden die Luken und ihr Öffnungsmechanismus geändert, so daß auf der Startrampe im Notfall ein rascher Ausstieg der Besatzung möglich wird. Bei Bodenversuchen wird künftig ein Zweigasgemisch in der Kapsel verwendet. Schließlich soll ein umfangreiches Kontrollsystem die bisherigen Schluderarbeiten bei der Herstellung des Raumfahrzeugs verhindern und technische Mängel rechtzeitig aufdecken. Trotz aller technischen Änderungen und verbesserten Sicherheitsvorkehrungen wird die Verwendung von reinem Sauerstoff aber auch in Zukunft ein zusätzliches Risiko bei Raumflügen darstellen. Das Fehlen von Schleudersitzen vergrößert dabei noch die Gefahr für die Besatzung.

Die sowjetischen Raumfahrttechniker schenken von Anfang an der Feuergefahr die nötige Aufmerksamkeit und wählen dementsprechend die Atmosphäre mit der niedrigsten Verbrennungsgeschwindigkeit. Günstig wirkte sich dabei aus, daß schubstärkere Raketen zur Verfügung standen, so daß die größere Systemmasse keine wesentliche Rolle spielte. Durch leichte Erhöhung der Sauerstoffkonzentration nach Eintritt in die Umlaufbahn wird die Dekompressionsgeschwindigkeit auf die Hälfte gegenüber Luft gesenkt und steht dann derjenigen der Sauerstoffatmosphäre kaum nach. Der einzige Nachteil liegt im möglichen Auftreten der Caissonkrankheit. Bei geplanten Ausstiegsmanövern beugt man dieser Gefahr durch vorheriges Atmen von reinem Sauerstoff vor. Bei einem plötzlichen Druckabfall infolge eines Meteoritentreffers oder technischen Defekts können zwar gesundheitliche Schäden bei den Besatzungsmitgliedern auftreten, jedoch werden die Folgen unter diesen Umständen nicht unbedingt zur Aktionsunfähigkeit oder gar zum Tode führen. Gelingt es, das Leck abzudichten und den normalen Kabinendruck wiederherzustellen, so werden sich die eventuell aufgetretenen Symptome der Caissonkrankheit noch während des Fluges zurückbilden. Da die Anfälligkeit gegenüber der Caissonkrankheit individuell verschieden ist, kann ihrem Auftreten bereits bei der Auswahl der Kosmonauten bis zu einem gewissen Grad vorgebeugt werden.

Wir können abschließend feststellen: Die in den sowjetischen Raumschiffen benutzte Atmosphäre bietet den Kosmonauten für beliebig lange Flugzeiten eine sehr hohe Sicherheit. Der Ersatz des Stickstoffs durch Helium könnte wahrscheinlich die raumfahrttechnischen und -medizinischen Eigenschaften des Zweigasgemisches verbessern [4]. Doch dazu sind noch umfangreiche Experimente notwendig.

#### Literatur

1. Sisakjana, N. M. u. a., „Vtoroj gruppovoj kosmičeskij polët“, Moskau 1965.
2. Parker, F. A., D. R. Ekberg u. a., Raumfahrtforschung 10 (1966), S. 58-64.
3. Fenn, W. O., Astronautica Acta 11 (1965), S. 133-141.
4. Astronomie und Raumfahrt 3 (1965), S. 62-63.

# Solarzellen zur Bordenergieversorgung von Raumflugkörpern

Dr. E. HOLLAX

## 1. Einleitung

Die Solarzelle stellt gegenwärtig die einzige in großer Anzahl vorhandene und für langzeitige Raumfahrtexperimente einsetzbare Energieversorgungsanlage dar.

Sie hat den Vorteil, daß kein Energieträger mitgeführt zu werden braucht. Allerdings macht die relativ geringe Energiedichte der Sonnenstrahlung für höhere Leistungsabgaben entsprechend große Sammelflächen nötig. (Beispielsweise strahlt die Sonne auf jeden  $m^2$  Fläche im cislunaren Raum bei senkrechter Inzidenz etwa 1,4 kW).

Mit Solarzellenanlagen werden Leistungsgewichte von 10–25 W/kg erreicht.

Da sie naturgemäß empfindlich gegen Schatteneffekte sind, die Schattenperiode aber beispielsweise bei Erdsatelliten über 40 % betragen kann, werden sie in der Regel mit elektrochemischen Energiespeichern [1] komplettiert. Mit einem solchen „Solarbatterien“-System sind die meisten der Beobachtungs-, Meß- und Nachrichtensatelliten sowie Mond- und Planetensonden ausgerüstet. Das Leistungsgewicht der Solarbatterien liegt bei etwa 1–4 W/kg.

Je nach dem Verwendungszweck und den Betriebsbedingungen entfallen bei einem kompletten 1 kW-Solarbatteriesystem 40...60 % des Anlagengewichtes auf die Solarzellenausleger einschließlich des Orientierungsmechanismus; etwa 35...60 % beträgt der Anteil der Speicherbatterien (Ladungskontrollapparatur eingeschlossen). Ein restlicher Anteil von 2...4 % wird vom Spannungsregler und den elektronischen Geräten benötigt.

## 2. Über Wirkungsweise und Aufbau von Solarzellen

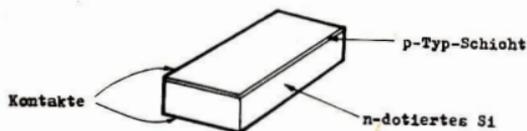
Solarzellen nutzen den lichtelektrischen Effekt; d. h. die Bildung freier Ladungsträgerpaare durch Lichtquanten. Die Photonenenergie muß dabei gleich groß oder größer sein als die Energiedifferenz zwischen Valenz- und Leitungsband (Energie-lücke  $E_g$ ) der verwendeten Halbleitermaterialien:  $h\nu = hc/\lambda \geq E_g$ .

Erfolgt die Ionisation in oder nahe einem p/n-Halbleiterübergang, so werden die erzeugten negativen und positiven Ladungsträger (Elektronen und Defektelektronen) durch das innere elektrische Feld des Kontaktes getrennt: es erfolgt eine positive Aufladung des p-Halbleiters, während sich der n-Halbleiter negativ auflädt. Werden beide über einen Verbraucher mittels metallischer Leiter verbunden, fließt ein Elektronenstrom vom n- zum p-Halbleiter.

Als Halbleitermaterial erscheint gegenwärtig noch Silizium als am besten geeignet. Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau einer p/n-Siliziumsolarzelle.

Die auf der Kristalloberfläche befindliche, nur einige  $\mu m$  starke p-Schicht wird durch Eindiffundieren von Elementen der 3. Gruppe, z. B. Bor, erzeugt. Die Schicht muß entsprechend dünn gewählt werden, damit keine allzu großen Rekombinationsverluste auftreten.

Der Kristall vom n-Typ enthält eines der Elemente der 5. Gruppe, z. B. Arsen oder Phosphor.



**Abb. 1:** Schematischer Aufbau einer p/n-Silizium-Solarzelle.  
Größe: z. B.  $20 \times 10 \times 0,5$  mm

In analoger Weise können auch die Zellen vom n/p-Typ hergestellt werden.

Die Oberfläche des Kristalls wird mit einem schmalen Streifen eines gut leitenden Metalles (z. B. Silber) kontaktiert, während die untere Fläche insgesamt mit dem Leiter bedeckt ist, auf welchen die Kontakte gelötet werden.

Solarzellen erhalten zum Schutz der eingesetzten Klebmaterialien und zur Senkung der Arbeitstemperatur UV- bzw. Infrarotschutzüberzüge. Da die Effektivität von Si-Zellen in Bezug auf die Energieumwandlung in den Bereichen  $\lambda < 0,4 \mu\text{m}$  und  $\lambda > 1,1 \mu\text{m}$  relativ gering ist (vgl. Abb. 5), kann dies ohne große Verluste geschehen. (Da pro  $^{\circ}\text{C}$  Temperaturzunahme ein EMK-Abfall der Silizium-Solarzelle von etwa 0,5 % beobachtet wird, ist die Senkung der Arbeitstemperatur von großer Wichtigkeit. Bei einer Temperaturerhöhung von etwa  $50^{\circ}\text{C}$  über Zimmertemperatur hinaus tritt ein Leistungsabfall von etwa 25 % und eine Verringerung der Ruhespannung um etwa 100–120 mV ein.)

Weitere Spezialüberzüge mindern in den verwertbaren Spektralbereichen (vgl. Abb. 5) die Reflexionsverluste auf  $\leq 4\%$ . Zum Schutz gegen Schäden durch Strahlung (siehe unten) bzw. Mikrometeoriten werden Solarzellen mit einer Schutzschicht aus Glas oder  $\text{SiO}_2$ -Schmelze von 0,15...1,5 mm Dicke überzogen,

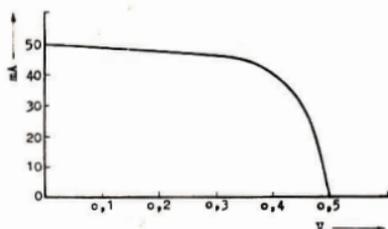
Mit einigen Schwierigkeiten ist auch die Konstruktion des Solarzellenträgers und die Wahl geeigneten Trägermaterials verbunden. Um auch während der längsten Schattenperiode eine Abkühlung unter  $-130^{\circ}\text{C}$  zu verhindern, muß das Material entsprechende Wärmeträgheit bzw. entsprechend große Masse aufweisen. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Trägermaterials sollte annähernd den gleichen Wert wie das Silizium haben.

Besonders schwierig ist die Temperaturregelung, wenn die Solarzellen direkt auf der Außenhaut der Raumflugkörper befestigt werden, wie z. B. beim Nachrichtensatelliten „Telstar“, welcher auf seiner Oberfläche mit 3600 Solarzellen belegt wurde. Bei unorientierten Systemen ist außerdem die Energieabgabe entsprechend niedrig. Soll optimale Wirkung erzielt werden, sind die Zellen zweckmäßigerweise auf flachen, ständig zur Sonne gerichteten Trägern wie es beispielsweise bei den amerikanischen „OGO“-Satelliten (Abb. 2) oder den sowjetischen Planetensonden „Venus 1“ und „Mars 1“ erfolgt. Allerdings sind hier bei der Satellitenkonstruktion noch entsprechende zusätzliche Vorrichtungen – solche zum Falten der Zellenträger innerhalb der Nutzlastverkleidung der Rakete und zum Entfalten auf der Bahn – erforderlich.

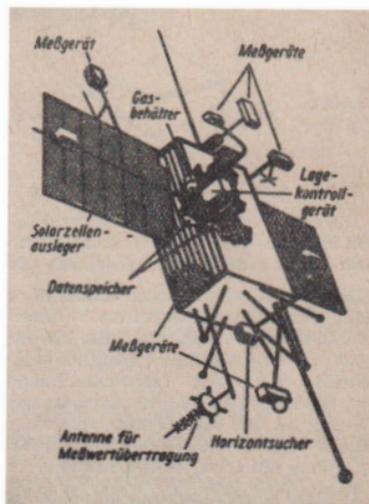
### 3. Leistungs- und Wirkungsgrad

Abb. 3 gibt die Strom-Spannungskurve einer n/p-Siliziumsolarzelle wieder. Die maximale Leistung wird bei einer Spannung von etwa 0,4–0,45 V erzielt und beträgt etwa 25–28 mW. Die Höhe der Leerlaufspannung ist von verschiedenen Stoffkennwerten abhängig, und läßt sich bei  $25^{\circ}\text{C}$  z. B. für n/p-Si-Solarzellen durch den folgenden Ausdruck [2] berechnen:

$$U_0 = 0,575 \log Q \left\{ \frac{0,9062 \cdot \exp. (39 E_g)}{c_n \mu_n} \frac{\tau_{n1}}{D_{p1}} \right\}^{1/2} \quad (1)$$



**Abb. 3: Stromspannungscharakteristik einer  $1 \times 2$  cm n-p-Siliziumsolarzelle (Zimmertemperatur, senkrechter Sonneneinfall, Luftmasse 0).**



**Abb. 2: Schema des „OGO“-Satellitenaufbaus mit Solarzellenauslegern.**

Aus der Gleichung (1) geht hervor, daß zur Erreichung einer hohen Leerlaufspannung die Flächendichte der einfallenden Lichtquanten ( $Q$ ), der Bandabstand ( $E_g$ ) und die Lebensdauer der Defektelektronen ( $\tau_p$ ) groß und der spezifische Widerstand ( $\rho_n$ ), die Elektronenbeweglichkeit ( $\mu_n$ ) und der Diffusionskoeffizient der Defektelektronen ( $D_p$ ) klein sein müssen.

Der maximal mögliche Nutzeffekt läßt sich nach Rappaport [3] durch den Ausdruck

$$\eta_{\max} = \frac{n \cdot e \cdot U_{\max}}{N \cdot E_m} \quad (2)$$

errechnen.  $n$  gibt die Zahl der gebildeten Elektronenpaare,  $e$  die Elektronenladung,  $E_m$  die mittlere Energie der einfallenden Lichtquanten,  $N$  die Zahl der einfallenden Lichtquanten und  $U_{\max}$  die Spannung des Elementes bei maximaler Leistung wieder. Für Siliziumzellen bei Sonneneinstrahlung mit  $n = 2/3 N$  und  $U_{\max} = 1/3 E_m / e$  errechnet sich ein Wert von 22%. Bei Laborversuchen konnten bisher Werte von 18% erreicht werden. Bei den bisherigen praktischen Anwendungen lagen sie aber zwischen 10 und 15%.

Weitaus bessere Ausbeuten – nämlich Werte von 75% – wären mit monochromatischem Licht, dessen Quantenenergie gleich dem Bandabstand ist, erreichbar.

Auf den Zusammenhang zwischen Bandabstand und Wirkungsgrad bei Einstrahlung von Sonnenlicht geht Abb. 4 ein. Es ist erkennbar, daß Stoffe wie GaAs, InP und CdTe einen besseren Wirkungsgrad besitzen als Si.

Über die Verwendung von GaAs ist auch mehrfach berichtet worden. Zu seinen weiteren Vorzügen gehört die höhere Strahlenresistenz, als sie das Silizium aufweist. Allerdings ist GaAs durch präparative und technische Schwierigkeiten teuer

in der Herstellung. Es ist empfindlich in der Verarbeitung bzw. Handhabung. Die gegenwärtigen Verarbeitungsverfahren gestatten heute noch nicht solche Wirkungsgrade, wie sie bei Si-Zellen erreicht werden.

Entsprechend der Energielücke werden in Si-Zellen – wie Abb. 5 zeigt – nur Photonen mit Wellenlängen bis  $1,15 \mu\text{m}$  ausgenutzt.

Der Wirkungsgrad wird weiterhin dadurch beeinträchtigt, daß die verwertbare Energie nur unvollständig in Elektron – Defektelektron – Paare umgesetzt wird. Photonen mit Wellenlängen unter  $1,15 \mu\text{m}$  geben z. T. überschüssige Energie an das Kristallgitter ab, das dadurch thermisch angeregt wird.

Der größte Teil der Elektronen – Defektelektronen – Paare entsteht außerhalb der Raumladungszone des p/n-Überganges.

Verluste entstehen auch dadurch, daß die Leerlaufspannung unter dem der Energielücke entsprechenden Wert liegt und die von der Zelle abgegebene elektrische Energie nicht die optimale Rechteck-Wellenform aufweist.

#### 4. Strahlenschäden

Die Schädigung durch Elektronen steigt oberhalb 200 keV annähernd linear mit dem Energiefluß an. Unterhalb etwa 145 keV ist sie dagegen vernachlässigbar. Protonen rufen zwischen 1 und etwa 100 MeV proportional ihrer Energie Schädigungen hervor, während sie bei Energien  $< 1 \text{ MeV}$  ungefährlich sind.

Strahlenschädigungen sind prinzipiell zu erwarten, wenn der Teilchenfluß die in Tab. 1 angegebenen Werte übersteigt.

**Tabelle 1: Kritischer Teilchenfluß für verschiedene Solarzellentypen [5]**

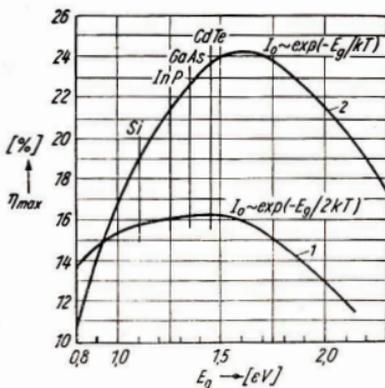
Teilchenart	Energie MeV	GaAs	Teilchen/cm <sup>2</sup>	
			Si n/p	Si p/n
e	0,8	$1 \times 10^{15}$	$1,3 \times 10^{15}$	$4 \times 10^{13}$
e	5,6	$2,7 \times 10^{14}$	$3,0 \times 10^{13}$	$2 \times 10^{12}$
p	0,1	$\sim 10^{11}$	$\sim 10^{12}$	$\sim 10^{13}$
p	0,4	$< 10^{10}$	$\sim 10^{10}$	$\sim 10^{10}$
p	1,8	$2,4 \times 10^{12}$	$1,3 \times 10^{11}$	$4 \times 10^{10}$
p	17,6	$5,7 \times 10^{12}$	$4,0 \times 10^{11}$	$7 \times 10^{10}$
p	95,5	$2 \times 10^{12}$	$7 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{11}$

Bezogen auf den Gesamtteilchenfluß – er ergibt sich aus der Summe von Elektronen- ( $E > 200 \text{ keV}$ ) und Protonenfluß, wobei letzterer mit einem geeigneten Faktor zu multiplizieren ist – wird für p/n-Siliziumzellen ein kritischer Wert von  $2 \times 10^{12}$  Teilchen/cm<sup>2</sup> und für n/p-Zellen ein solcher von  $4 \times 10^{13}$  Teilchen/cm<sup>2</sup> erhalten [6]. n/p-Si-Zellen zeigen also eine höhere Strahlenresistenz als diejenigen mit p/n-Folge. Wie aus Abb. 6 hervorgeht, haben p/n-Zellen aber einen höheren (Anfangs-)Wirkungsgrad.

Es ist deshalb eine Kompromißlösung erforderlich: für kürzere Einsatzzeiten ( $< 1$  a) sind p/n-Si-Zellen vorteilhafter, während für langzeitigen Betrieb n/p-Zellen mit Schutzschicht geeigneter sind. Von Fall zu Fall bilden aber gründliche Vorausberechnungen der in der vorgesehenen Bahnen auftretenden Strahlenschäden die Grundlage zur effektivsten Zellen Selektion und -konstruktion.

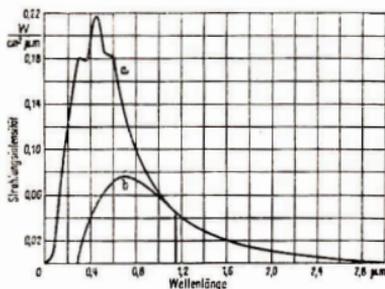
**Abb. 4: Maximaler theoretischer Nutzeffekt von Solarzellen als Funktion des Bandabstandes.**

1 – bezogen auf Sonnenlicht in Seehöhe (Om).  
2 – bezogen auf Sonnenlicht außerhalb der Erdatmosphäre.



**Abb. 5: Spektralverteilung der Sonnenstrahlung bei 1 AE und ihre Ausnutzung durch Siliziumzellen (totale Absorption) [4].**

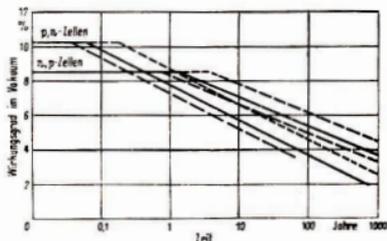
a – Sonnenspektrum,  
b – Lichtempfindlichkeit der Siliziumzellen.



**Abb. 6: Vergleich der Leistungswirkungsgrade von Solarzellentypen mit Glasabschirmung der Dicke von  $2,5 \text{ g/cm}^3$  (12 h-Kreisbahn). (Bahnneigung gegen Äquatorebene:  $30^\circ$ ) [4].**

**Schichtdicke der Abschirmung:**

- 153  $\mu\text{m}$
- - 305  $\mu\text{m}$
- - - 763  $\mu\text{m}$



**Literatur**

[1] E. Hollax, „Elektrochemische Energiequellen und -speicher“, *Astronomie und Raumfahrt*, 1967, Heft 3.  
[2] M. B. Prince, *J. appl. Physics* 26, 534–540 (1955).  
[3] P. Rappaport, The photovoltaic effect and its utilisation, *RCA Rev.* 20, Nr. 3, 373 bis 377 (1959)

[4] E. R. Spangler, A. K. Thiel, *V. D. J. Z.* 103, 20 (1966).  
[5] R. C. Hamilton, XV. Astron. Kongr. Warsaw 1964. U. S. Department of State Public Affairs Nr. 17, S. 7.  
[6] J. M. Denney et al., High energy proton damage in American Rocket Society Progress, Energy conversion for space power, New York Academy Press 1961.

## Amateure beobachten und berichten

### Die Sonnenflecktätigkeit im 3. und 4. Vierteljahr 1967

Refraktor: 50 mm

Vergrößerung: 30fach

$R_m$  = Monatsmittelwert     $n$  = Anzahl der Beobachtungen

Monat	$R_m$	$n$	Monat	$R_m$	$n$
Juli	55,3	26	Oktober	57,8	13
August	65,4	21	November	43,5	10
September	45,8	12	Dezember	81,3	8

Im 3. Vierteljahr wurde im August ein Höhepunkt der Fleckenentwicklung erreicht. Besonders in der Zeit vom 25. 7. bis 3. 8. und vom 22. 8. bis 31. 8. zeigte sich in der Form der Gruppen große und mannigfaltige Abwechslung, meist waren es 12 bis 14 Einzelflecken je Gruppe, oft verbunden durch schöne Hofbrücken, die stets einen interessanten Anblick boten. Ferner waren auch auffallend große Fackelgebiete in den genannten Zeitabschnitten zu beobachten. Demgegenüber kann die Fleckenbildung im Juli und September nur als mäßig bezeichnet werden.

Das letzte Vierteljahr brachte gegenüber den vorhergehenden eine leichte Zunahme der Sonnenflecktätigkeit. Höhepunkte der Fleckenentwicklung waren die Tage vom 22. bis 28. 10., 17. bis 22. 11. und 11. bis 30. 12. Dabei wurden wiederholt Relativzahlen von 90 bis 100 erreicht. Am 18. 11. wurde der Durchmesser eines größeren Fleckes mit Penumbra zu 21 000 km bestimmt. Ende Dezember bedeckten zwei größere Gruppen eine ziemlich große Fläche und boten somit ein eindrucksvolles Bild.

### Jahresbericht 1967

I. Vierteljahr	60,5	29
II. Vierteljahr	44,3	56
III. Vierteljahr	56,9	59
IV. Vierteljahr	59,0	31
1967	55,2	175

Erich Schütz, Hildburghausen

---

### Spiegelfernrohr

Gittertubus,  $f = 960$  mm Gabelmontierung auf verkürzter Zeiss-Säule und Sonnenprojektionsschirm, Anschaffungswert 900 M, für 600 M zu verkaufen.

Hans Brautschek, 7031 Leipzig, Altranstädter Straße 10

## **Erfolgreiches 1967 der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft Urania, Jena**

Die Astronomische Arbeitsgemeinschaft Urania Jena kann auf ein erfolgreiches Jahr zurückblicken. Rund 3000 Besucher beobachteten in unserer Sternwarte mit dem Refraktor 130/1950 und dem Kometensucher 80/500. Besuchergruppen aus allen Bezirken der DDR wurde stets ein Lichtbildervortrag geboten. Auch viele Ausländer, besonders aus den Volksdemokratien, aber auch aus Kanada, USA, Indien, Indonesien und Afghanistan besuchten die Sternwarte.

Zahlreich war die Jugend vertreten, 10. und 12. Klassen der Oberschulen, FDJ und Jugendweihgruppen. Auch Astronomielehrer machten sich mit der Arbeitsweise der Sternwarte bekannt.

Höhepunkt der Arbeit war die VI. Tagung des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes. Alle Jenaer Sternfreunde hatten sich für die Vorbereitung eingesetzt, so daß die Tagung für die 300 Teilnehmer ein Erlebnis werden konnte. Besonders gut gelungen war eine Ausstellung, die zu folgenden Themen Objekte zeigte: aus der Arbeit der Fachgruppen des DKB, Fernrohrselbstbau und Sternwartenmodelle, die astronomische Fachliteratur der DDR, die Amateurfernrohre des VEB Carl Zeiss, Modelle von modernen Zeiss-Großgeräten und einschlägige philatelistische Motivsammlungen.

Am 23. April reisten 18 Mitglieder der AG nach Sonneberg, um sich von Herrn Prof. Hoffmeister über die neuesten Arbeiten der dortigen Akademie-Sternwarte unterrichten zu lassen.

Ende August fuhren viele Jenaer Mitglieder nach Prag, um entweder im Auftrage des VEB Zeiss die Tagung der Internationalen Astronomischen Union aktiv mitzugestalten oder um am Rande der Tagung die Einweihung des 2-m-Spiegelteleskops in Ondrejow mitzuerleben und um die Astro-Industrierausstellung und die vielen historischen Sehenswürdigkeiten dieser schönen Stadt auf astronomischem Gebiet zu besichtigen.

Mitte November nahmen 2 Mitglieder an der Referentenkonferenz zum Thema „Astronomie und Weltraumfahrt“ des Präsidiums der Urania, Sektion Astronomie, in Berlin teil. Anfang Dezember wurde eine Bezirksfachtagung des Deutschen Kulturbundes in Leipzig besucht. Beide Tagungen wurden eingehend ausgewertet.

Sieben gut besuchte Versammlungen mit interessanten astronomischen Vorträgen fanden statt. Anlässlich des 50. Jahrestages der Oktoberrevolution berichtete Dr. Heinersdorff mit herrlichen Farbdias über das moderne Moskau. Herr Löchel zeigte noch unbekanntes Dias und Filme über die Sonnenfinsternisexpedition nach Jugoslawien. Zweimal waren unsere Sternfreunde auch mit ungarischen Gästen zusammen.

Sehr aktiv tätig bei den Sternführungen waren in der Berichtszeit 2 Schüler der Fachschule für Augenoptik. Herr Patzsch von der Zeisslehrwerkstatt war besonders fleißig im Instrumentenbau und bei der Reproduktion zahlreicher Astroaufnahmen.

Dank dem Entgegenkommen der Universitätssternwarte stand den Mitgliedern der AG die Forststernwarte mit einem 50 cm Cassegrain und einem Vierlinser 200/1000 zur Verfügung. Den größten Beobachtungserfolg hatte aber Sternfreund Junge auf seiner Privatsternwarte mit Objektivprismenaufnahmen der Nova Delphini zu verzeichnen.

Wir Jenaer sind stolz darauf und freuen uns, berichten zu können, daß fünf unserer Mitglieder zu einem Astro-Kollektiv gehören, das wegen seiner hervorragenden Geräteentwicklung mit dem Nationalpreis II. Klasse ausgezeichnet wurde. Es handelt sich um den Werksastronomen Herrn Beck, den Chefkonstrukteur A. Jensch, Dr. Steinbach als Wissenschaftler und Elektroniker und die Astro-Optiker Pfaff und Grimm.

In der Berichtszeit konnten für die Sternwarte zahlreiche Bücher, Kalender, Sternkarten, Diapositive und Bilder angeschafft werden. Die gesamte elektrische Anlage der Sternwarte wurde gründlich überholt, der Kuppelspalt repariert.

Seit Anfang Oktober läuft ein Einführungslehrgang für Jugendliche, geleitet von Sternfreund Hahn.

HELMUT WOLFF

## CUNO HOFFMEISTER

Am 2. Januar 1968 verschied der Begründer und langjährige Direktor der Sternwarte Sonneberg, Prof. Dr. Cuno Hoffmeister. Noch am vorletzten Tag des Jahres 1967 kam er in „sein“ Institut, um persönliche Dinge zu erledigen, vor allem aber, um einiges zur Vollendung der wissenschaftlichen Manuskripte zu tun, die er gerade in Arbeit hatte. Zwar war er erkrankt; aber trotzdem waren alle diejenigen, die sich in nah und fern als seine Mitarbeiter im weitesten Sinne betrachten durften, tief erschüttert über sein Ableben.

Die Leistungen Prof. Hoffmeisters sind oft gewürdigt worden, aus offiziellem oder persönlichem Anlaß. Auch in der Zukunft wird seines wissenschaftlichen Werkes in zahlreichen Nachrufen gedacht werden. Was dabei immer wieder hervorgehoben werden wird, dessen bin ich gewiß, ist der großartige Fleiß, der ihm eigen war, und die Begabung, sein Wissen anderen, Außenstehenden, zu vermitteln. Viele Amateurastronomen könnten hierüber berichten. Eigenartigerweise wirkte er besonders auf empfängliche junge Menschen mit einer fast suggestiven Kraft. Ich denke hier nicht nur an Vorträge, die er hielt, sondern vor allem an seine Fähigkeit, „unter Ausschaltung des Pflichtbegriffes“, wie er es nannte, die körperlich entsagungsvolle nächtliche Beobachtungstätigkeit und andere empirische Forschungsmethoden an seiner Sternwarte zu fördern.

Durch sein Beispiel zeigte er seinen Mitarbeitern, wie man konsequent und ausdauernd die eigenen wissenschaftlichen Vorhaben voranzutreiben hat, sei es als Beobachter am Fernrohr bei  $-27^{\circ}$  Kuppeltemperatur kurz vor Erreichen des „Rentenalters“, sei es durch stundenlange ununterbrochene Arbeit am Komperator beim Suchen nach neuen Veränderlichen Sternen.

Prof. Hoffmeister war ein Astronom der alten Schule. Seine großen Forschungsobjekte, Meteore, Zodiakallicht und Veränderliche Sterne, werden heute mehr und mehr von objektiv messenden, automatisierten Apparaten untersucht, und die dabeistehenden Wissenschaftler haben andere Aufgaben. Gerade deshalb werden wir ihn nicht vergessen.

Zentraler Fachausschuß Astronomie

Dr. Wolfgang Wenzel

# 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, Heinz Mielke, Sekretär: Dipl.-Gewi. Herbert Pfaffe

### **Aufgabenstellung und Instrumentierung der Satelliten der OGO-Serie**

Dargestellt an Hand des Beispiels OGO 4

KARL-HEINZ NEUMANN

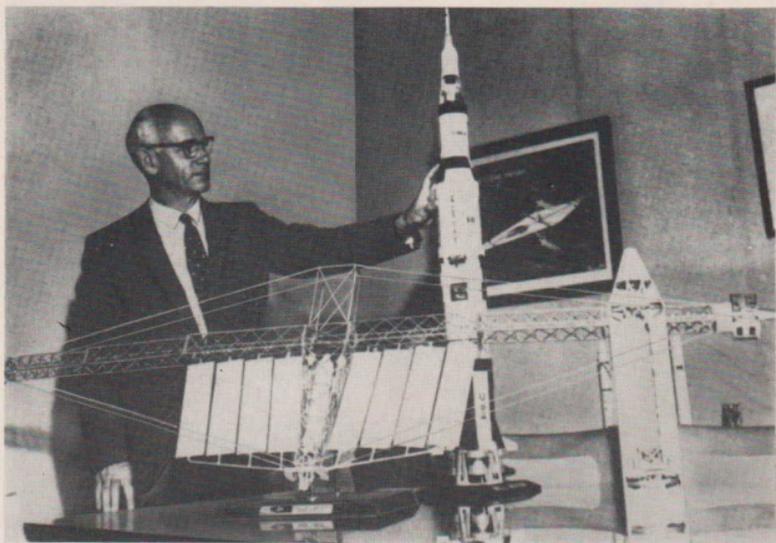
Die amerikanischen Satelliten der Serie OGO (Orbiting Geophysical Laboratory) stellen sozusagen Prototypen von geophysikalischen Forschungssatelliten mit sehr komplexer Aufgabenstellung dar. Sie werden seit dem Jahre 1964 eingesetzt.

Der erste derartige Satellit mit annähernd ähnlicher, sehr umfangreicher und weitgehender geophysikalischer Aufgabenstellung war der sowjetische Satellit Sputnik 3, der am 15. 5. 1958 gestartet worden war und bei dem die volle Instrumentierung über 10 Tage und ein Teil der wissenschaftlichen Instrumente rund zwei Jahre Meßwerte geliefert haben.

Seit dem Jahre 1962 werden in der Sowjetunion in der Serie der Kosmos-Satelliten derartige Raumflugkörper mit geophysikalischer Aufgabenstellung kontinuierlich in relativ großer Zahl eingesetzt. Die Aufgabenstellung und sicherlich auch die Instrumentierung bei diesen sowjetischen geophysikalischen Satelliten wird sich kaum wesentlich von denen der amerikanischen OGO-Satelliten unterscheiden. Über die Instrumentierung und den Aufbau der OGO-Satelliten sind sehr viele technische Details bekannt.

Von 1964 bis 1967 wurden je ein OGO-Satellit gestartet. Das gesamte OGO-Programm umfaßt sechs Satelliten, von denen jeweils drei in Polarbahnen in mittleren Höhenbereichen die Erde umkreisen sollen (bisher OGO 2 und OGO 4) und drei weitere bei rund 30° Bahnneigung stark elliptische Umlaufbahnen mit erdfürnsten Punkten im Bereich von 140 000 km haben sollen (bisher OGO 1 und OGO 3).

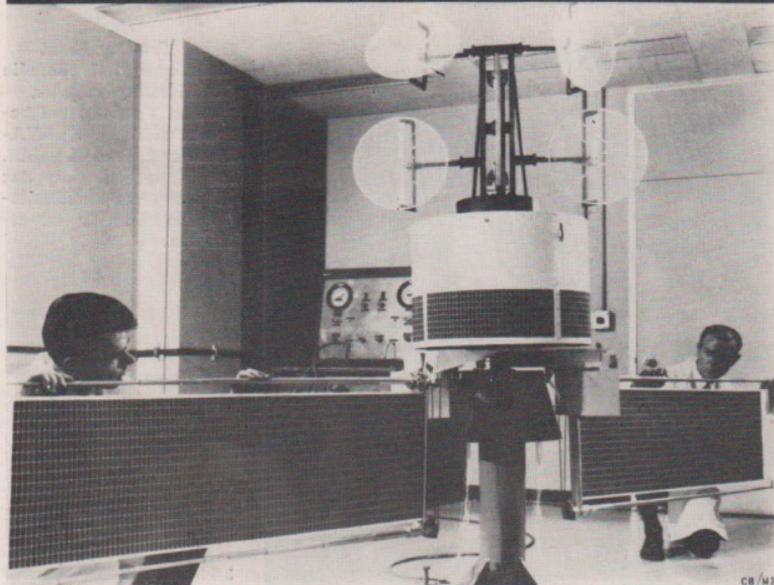
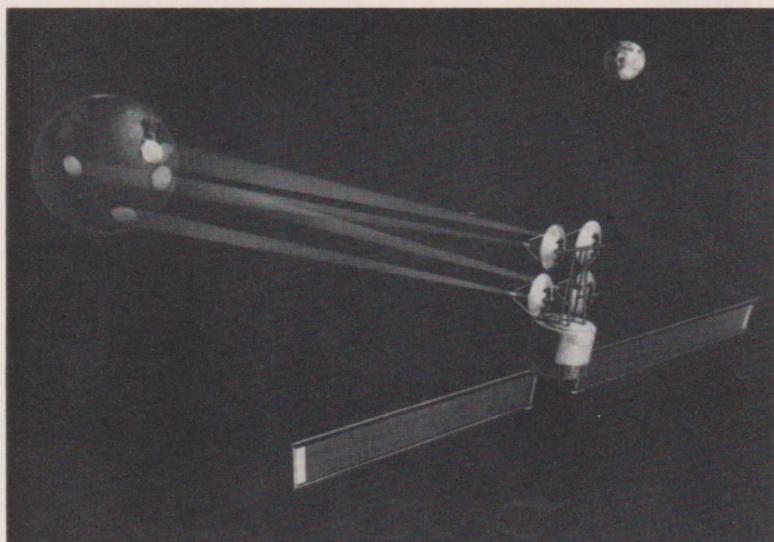
Die Hauptaufgabenstellung besteht in Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen solaren Erscheinungen und Veränderungen der physikalischen Verhältnisse



**Oben:** Prof. Dr. Ernst Stuhlinger stellt Modelle des Marsflugprojektes vor. Im Vordergrund befinden sich die NERVA-Stufe und das Marsschiff. Im Hintergrund ist das Modell einer modifizierten SATURN V zu erkennen.

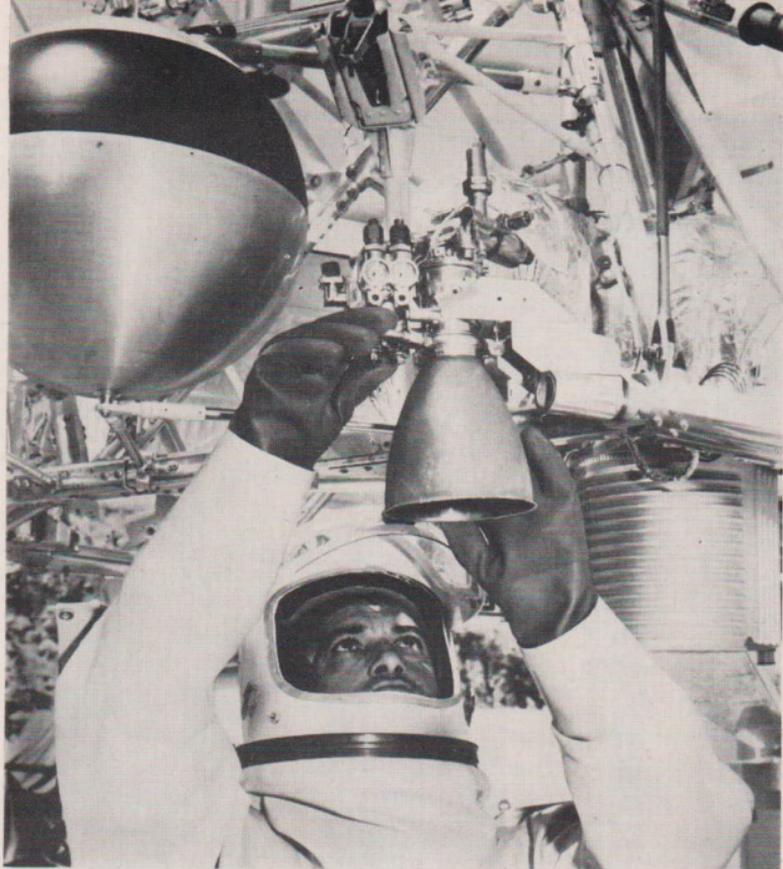


**Links:** Die erste SATURN verläßt auf dem 2750 t-Raupenschlepper das Montagegebäude, das mit 3,6 Millionen Kubikmeter das größte Gebäude der Welt ist.

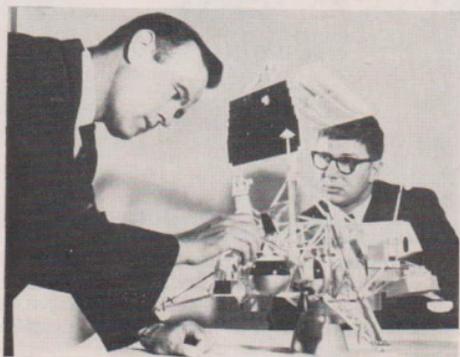


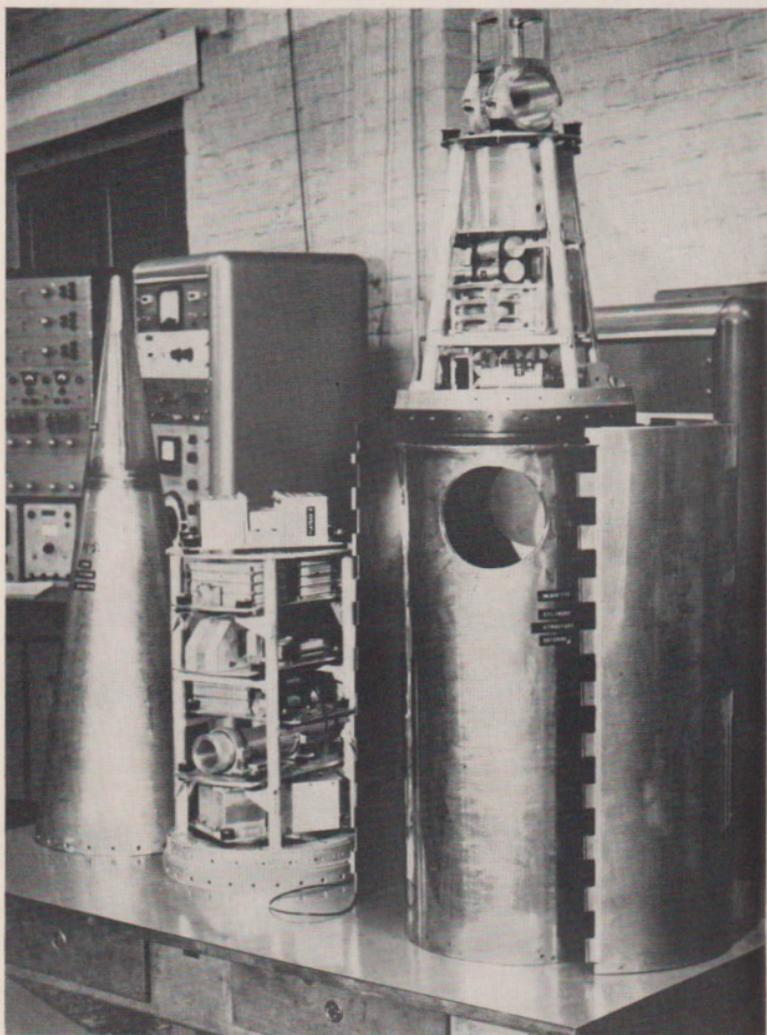
**Einsatzbereiter Stabilisierungskreisell für Satelliten.**

CB/MZ



Systemanalytiker beim Testen von Surveyor V.





Die Forschungsraketen-Nutzlast mit der zum Zusammenbau vorbereiteten kegelförmigen Spitze wird zum Versand an ESRO fertig gemacht. Die Ladung wurde von COBELDA gebaut. Forschungsgebiete sind u. a.: Strahlungen, das Polarlichter-Phänomen, die Röntgen-Streustrahlung, Gewicht und Geschwindigkeit von Teilchen im All.

des erdnahen kosmischen Raumes. Es geht vor allem um Einflüsse der Partikelstrahlung sowie der elektromagnetischen Strahlung auf das Polarlicht, das Himmsleuchten, das Magnetfeld, die Zusammensetzung der Atmosphäre bezüglich neutraler und ionisierter Teilchen, die Ionisierung und Aufheizung der Atmosphäre und ähnliches.

Hier einige der wesentlichsten Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen mit Hilfe der OGO-Satelliten: Besonders interessant ist die Grenzfläche zwischen der Magnetosphäre der Erde und dem anströmenden Solarplasma. Da ein OGO-Satellit bei seinem Erdumlauf diese Grenzfläche zehn bis zwanzig Mal pro Tag passiert, konnte festgestellt werden, daß der magnetosphärische Bereich auf der der Sonne zugewandten Seite der Erde sowie die Grenzfläche schnelle Fluktuationen durchmacht und vor allem die Grenzfläche eine physikalisch sehr aktive Region darstellt. Früher hatte man angenommen, daß die Solarwindpartikel nicht in die Magnetosphäre einzudringen vermögen. Mit Hilfe der OGO-Satelliten hat man gefunden, daß Instabilitäten in diesem Teil der Magnetosphäre – und vor allem der Grenzfläche – das Eindringen auch niederenergetischer Teilchen ermöglichen.

Im magnetischen Schweif der Erde treten schnelle Veränderungen der Intensität und des Flusses der energetischen Teilchen als Folgeerscheinungen von magnetischen Stürmen auf. Dabei erfolgt mitunter ein plötzliches Zusammenbrechen eines Teils des Magnetfeldes im Schweif, was Verzerrungen des Magnetfeldes im tagseitigen Teil der Magnetosphäre zur Folge hat. Zeitlich konnten diese Erscheinungen mit vom Erdboden beobachteten Polarkappenmagnetfeldstörungen, die grundsätzlich Polarlichterscheinungen vorausgehen, in Zusammenhang gebracht werden. Damit ist der erste Beweis dafür erbracht, daß Änderungen in den magnetischen Verhältnissen der Polarkappen mit Veränderungen des gesamten Magnetfeldes einhergehen, d. h. für beide Erscheinungen ein gemeinsamer Mechanismus existieren muß. In der Nähe der Polarlichtzonen fand man starke Veränderungen mit eruptionsähnlichem Charakter in der Intensität der Magnetfeldfluktuationen.

Andere Resultate beziehen sich auf den Einfluß des geomagnetischen Feldes und auf die Ionenbildung. Diese Entdeckungen stehen im Einklang mit den Elektronendichtebestimmungsdaten, die aus VLF-Ausbreitungs- oder „WHISTLER“-Beobachtungen von Bodenstationen gewonnen wurden sowie den direkten Elektronendichtebestimmungen durch die OGO-Experimente. Es wurde ferner eine weitere Region in der Hochatmosphäre gefunden, die man „Plasma-Pause“ nennt. Hier tritt mitunter ein sehr plötzlicher Abfall der Elektronen- und Ionenkonzentration auf.

Alle diese Ergebnisse spielen für unser Verständnis der physikalischen Verhältnisse und Prozesse in der Hochatmosphäre eine wesentliche Rolle. Über 200 wissenschaftliche und technische Veröffentlichungen erfolgten bisher über die Ergebnisse mit den OGO-Satelliten, oder sie wurden bei Symposien vorgetragen.

Zunächst eine kurze Beschreibung des Satelliten und seiner technischen Ausrüstung. Gewählt wird – wie eingangs schon erwähnt – OGO 4; die vorangegangenen OGO-Satelliten unterscheiden sich aber nur unwesentlich von diesem. Der Hauptkörper des Satelliten ist rechteckig mit Dimensionen von 1,8 mal 0,9 mal 0,9 m. Er besitzt zahlreiche Ausleger, der größte hat eine Länge von 14,7 m, außerdem zwei um eine Achse drehbare Solarpaddel mit Dimensionen von 2,26 mal 1,8 m. Auf ihnen befinden sich 32 928 N-P-Solarzellen. Sie bilden die Hauptenergieversorgung, ferner sind zwei 28-V-Nickel-Cadmium-Puffer-Batterien mit einer Kapazität von etwa 560 W bei 12 Ah vorhanden. Auch Spitzenbelastungen von 50 bis 80 W über der Kapazität können kurzzeitig durch die Batterien bewältigt werden. An den beiden Flächen der Solarzellen befinden sich am Ende nach der Sonne orientierte Experimentalpackungen. Sie werden in Zukunft mit SOEP (Solar Oriented Experiment Packages) bezeichnet. An zwei Auslegern befinden sich mit Instrumenten be-

stücke Kästen, die in Richtung der Bahnebene des Satelliten ausgerichtet sind. Sie werden mit OPEP (Orbital Plane Experiment Packages) bezeichnet.

In OGO 4 sind 20 verschiedene wissenschaftliche Experimentalanordnungen installiert. Alle 20 Experimente sollen während der ersten 46 Tage seines Erdumfluges ständig laufen. Während dieser Zeit soll der Satellit voll lagestabilisiert sein. Danach – nach Verbrauch des Preßgasvorrates – erfolgt eine Rotationstabilisierung. Ähnlich war es auch bei den vorangegangenen Satelliten dieser Serie vorgesehen. OGO 1 und 2 konnten aber nur rotationsstabilisiert eingesetzt werden, wobei bei OGO 1 zum Zeitpunkt des Starts von OGO 4 noch 12 seiner 20 Meßapparaturen, bei OGO 2 noch 10 der 20 Meßapparaturen zeitweilig wissenschaftliche Informationen lieferten. OGO 3 hat die vorgesehenen 46 Tage voll lagestabilisiert Meßwerte zur Erde übertragen. Danach waren noch 16 der Instrumente ebenfalls wiederum zeitweilig eingesetzt.

In einer Zwei-Wochen-Periode im November 1966 waren auf Funkkommando alle drei Satelliten gemeinsam eingesetzt, so daß simultane Informationen von 46 Meßinstrumenten empfangen wurden. Bis Ende Juli 1967 hatten die drei Satelliten 30 000 Arbeitstunden oder 450 000 Meßinstrumentenstunden absolviert.

Die Meßapparatur von OGO 4 hat bei einer Gesamtmasse des Satelliten von 564 kg eine Masse von 124 kg. Die Hauptaufgabenstellung bei OGO 4 konzentriert sich auf wissenschaftliche Experimente im erdnahen kosmischen Raum:

1. Atmosphärische und ionosphärische Messungen; 2. Untersuchungen über Polarlicht und Himmelsleuchten; 3. Untersuchungen über die solare elektromagnetische Strahlung; 4. Untersuchungen über Radiostrahlung; 5. Magnetfeldmessungen; 6. Messungen der kosmischen Strahlung.

Folgende wissenschaftliche Erkenntnisse hofft man aus den Experimenten mit OGO 4 zu erhalten:

1. Neue Erkenntnisse über die Breiten- und Zeitabhängigkeit der Veränderung des Luftdrucks, der Temperatur, der Dichte und der chemischen Zusammensetzung des neutralen Anteils der Erdatmosphäre.
2. Neue Erkenntnisse über den Einfluß der veränderlichen solaren Röntgen- und Ultraviolettstrahlung auf die Ionosphäre, die Atmosphäre und das Himmelsleuchten.
3. Weitere Erkenntnisse über den Prozeß des plötzlichen Einfalls von niederenergetischen Teilchen und das Einfließen der solaren kosmischen Strahlung in die Polarlicht- und Polarregionen sowie das damit verbundene Auftreten von Polarlichtern.
4. Die Messung der solaren Ultraviolett- und Röntgenstrahlungsemission während der Periode des Anstiegs zum Maximum der Sonnenaktivität.
5. Informationen darüber, in welcher Weise niederenergetische Teilchen in die Magnetosphäre der Erde eindringen, die Intensitätsschwankungen des Erdmagnetfeldes auftreten und die Abhängigkeit all dieser Erscheinungen von den VLF-Radiofrequenzgeräuschen, der ionosphärischen Absorption und der Sonnenaktivität.
6. Exakte Feststellungen der langfristigen Veränderungen im geomagnetischen Feld und die Entwicklung von Prognosemethoden für die Veränderungen der globalen magnetischen Daten.
7. Untersuchungen der physikalischen Verhältnisse und Prozesse im interplanetaren Raum.

## Atmosphärische und Ionosphärische Untersuchungen

### 1. Untersuchung der neutralen Teilchen der Hochatmosphäre. Experimentträger: Goddard Space Flight Center. (Im folgenden Text abgekürzt: GSFC.)

Zur Untersuchung der neutralen Teilchen wird ein „Bayard-Alpert“-Ionisationsmanometer verwendet. Mit ihm erfolgt die direkte Messung der Dichte und Temperatur der neutralen Teilchen der Hochatmosphäre in Abhängigkeit von der geographischen Breite und Länge, der Flughöhe, von Tag und Nacht sowie die Feststellung der zeitlichen Veränderung dieser Größen.

Das Manometer entspricht einer konventionellen Triode, nur ist das Gitter hier positiv, und die Anode besteht aus einem kleinen zentralen Stab. Die von den zahlreichen Filamenten ausgehenden Elektronen ionisieren die neutralen Teilchen durch Zusammenstoß. Die Elektronen fließen dabei auf das Gitter, welches die Ionen auf einen Kollektor lenkt. Es entsteht ein meßbarer Kollektorstrom, der proportional der Zahl bzw. Dichte der Teilchen innerhalb des Manometers ist.

Der Sensor ist in einem OPEP angebracht und somit nach dem Vektor der Bewegungsrichtung des Satelliten ausgerichtet. Bei der Rotation des Satelliten ergibt sich eine Veränderung des Manometerdrucks, der seinerseits erlaubt, Geschwindigkeitsabschätzungen der neutralen Teilchen zu gewinnen. Aus dieser Geschwindigkeitsabschätzung läßt sich die Temperatur des neutralen Gases ableiten. Das Ionisationsmanometer ist während der Startphase abgeschlossen und wird erst nach Erreichen der Flugbahn geöffnet.

### 2. Experiment zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der neutralen Teilchen und der Ionen. Projektträger: Prof. L. Jones, Universität v. Michigan.

Bei diesem Experiment soll die chemische Zusammensetzung der Teilchen der Hochatmosphäre, genauer gesagt die Massenzahlen der Teilchen im Bereich von 1 bis 50, gemessen werden. Diese Untersuchungen sind vor allem deshalb von besonderem Interesse, weil man daraus genauere Angaben über den Dissoziationsgrad in Abhängigkeit von der Höhe und der chemischen Zusammensetzung zu finden hofft. Ferner will man Angaben über die Diffusionstrennung der Bestandteile der Atmosphäre erhalten und den Nachweis für die Existenz einer Protonosphäre bringen.

Bei dem Massenspektrometer benutzt man das sogenannte „Paul-Massenfilter“. Das Massenspektrometer ist in einem OPEP untergebracht. Im Prinzip handelt es sich hier um ein veränderliches elektrostatisches Quadrupolfeld, das von vier um jeweils 90 Grad gegeneinander versetzt stehenden Stäben ausgeht. Dadurch wird das einfallende Gas in Komponenten von gleichem Ladungs-Massenverhältnis getrennt. Die getrennten Komponenten wandern zu den Kollektoren. Das Spektrometer unterscheidet zwischen neutralen und ionisierten Teilchen. Eine thermionische Fläche ionisiert die neutralen Teilchen vor ihrem Eindringen in den Sensor.

### 3. Untersuchung der Zusammensetzung der Ionen. Projektträger: H. A. Taylor, GSFC.

Verwendet wird hier ein Hochauflösungsspektrometer für positive Ionen im Bereich der Massenzahlen 1 bis 45. Das Auflösungsvermögen beträgt  $\pm$  eine Massenzahl. Untersucht wird der obere Bereich der Ionosphäre und das bisher kaum untersuchte Gebiet über den irdischen Polkappen.

Resultate von ähnlichen Untersuchungen früherer OGO's haben ergeben, daß ein starker Einfluß des Erdmagnetfeldes auf die Zusammensetzung der Ionen existiert.

Das Instrument ist ein „Bennett r-f-Massenspektrometer“ das in einem OPEP angebracht ist. Es besteht aus einer Röhre mit einer Anzahl von planparallelen geknickten Gittern, die rechtwinklig zur Achse der Röhre angebracht sind. Durch Wechselfelder werden die Ionen in Richtung zum Kollektor beschleunigt. Um den Kollektor zu erreichen, müssen diese Ionen wiederum ein „Verzögerungspotential“ durchlaufen. Es können deshalb nur diejenigen Ionen, die ihre Beschleunigung durch die Wechselfelder erhalten haben, den Kollektor erreichen. Ursprünglich hochenergetische Teilchen werden dadurch ausgesondert.

#### **4. Untersuchung der Zusammensetzung der Ionosphäre und der solaren Ultraviolettstrahlung. Projektträger: J. L. Donley, GSFC.**

Die Aufgabenstellung besteht in der Messung der Intensität der solaren Ultraviolettstrahlung, der Ionenzusammensetzung und der Temperatur der Ionen und Elektronen. Die Messung dieser Parameter dient der Nachprüfung des empirischen Modells der Dichtezusammensetzung der Ionosphäre. Besonders interessiert ist man an Informationen über die Übergangszonen vom  $O^+$  zum  $He^+$  Ionengebiet und vom  $He^+$  zum  $H^+$  Gebiet. Ferner will man weitere Daten über die Abhängigkeiten der Charakteristiken der Atmosphäre von der einfallenden solaren Strahlungsmenge suchen. Auch soll die Theorie des Temperaturgleichgewichts „getestet“ werden, und es sollen Beiträge bzw. Anregungen für Theorien der atmosphärischen Aufheizung gefunden werden.

Bei der experimentellen Ausrüstung für beide eben genannte Untersuchungen benutzt man die „Potential-Technik“. Zwei gleichartige Sensoren werden verwendet. Der Ionosphärensensor befindet sich in einem OPEP und der Sonnenstrahlungssensor in einem SOEP.

Jeder Sensor besteht aus drei ringförmigen Gittern und einem Kollektor in planparalleler Anordnung. Die Spannung an den Gittern kann variabel gewählt werden, ferner wird vor dem äußeren Gitter ein verzögerndes Potential verwendet. Je nach der Spannung kann man also einen Elektronen- oder Ionenfluß durch die Gitter zum Kollektor erzeugen. Der gemessene Kollektorstrom als Funktion der variabelmeist ansteigend gewählten Spannung und des Verzögerungspotentials ergibt die gesuchten Parameter bezüglich der Ionosphäre.

Beim UV-Sensor stößt das äußere Gitter die Teilchen der Umgebung ab. Eine „Rampenspannung“ am inneren Gitter bremst die Emission von Photoelektronen vom Kollektor. Das Energiespektrum der emittierten Elektronen steht dann in direkter Beziehung zum totalen Fluß der UV-Strahlung.

#### **5. Mikrometeoritenmessung.**

**Projektträger: Dr. H. E. Nilsson, Smith. Astrophysic. Observ.**

Die Ausrüstung entspricht der früheren OGO's und dient zur Untersuchung der Staubteilchen in der Umgebung der Erde.

Bei OGO 4 geht es speziell um die Messung der räumlichen Dichte, Geschwindigkeit und Masse von Teilchen im Massenbereich von  $10^{-13}$  bis  $10^{-9}$  Gramm. Aus den Beobachtungsergebnissen kann man Bahnbestimmungen einzelner Teilchen ausführen, was zum Nachweis der Existenz von Partikelströmen notwendig ist. Insgesamt gesehen geht es um die Kontrolle der Dynamik der Staubteilchen im erdnahen Raum, und es sollen Versuche gemacht werden, evtl. Korrelationen mit geophysikalischen, geomagnetischen und solaren Phänomenen zu finden.

Vier röhrenförmige Detektoren sind an einem kurzen Ausleger in Richtung der Längsachse des Hauptkörpers montiert. Ein eindringendes meteoritisches Teilchen durchschlägt erst einen dünnen Filmsensor, wobei eine Plasmawolke entsteht.

Wird fortgesetzt.

# Die hydropneumatische Rakete

## Theorie eines Spielzeugs

Dr. ERHARD HANTZSCHE

Vielen Lesern wird diese kleine Spielzeug-Rakete bekannt sein (Abb. 1): Sie besteht im wesentlichen aus einer hohlen Plastikspindel, die zum Teil mit Wasser gefüllt wird; im restlichen Hohlraum wird mit einer Luftpumpe der Druck erhöht. Dieser Überdruck treibt dann das Wasser aus der Düse und erzeugt dadurch den Schub.

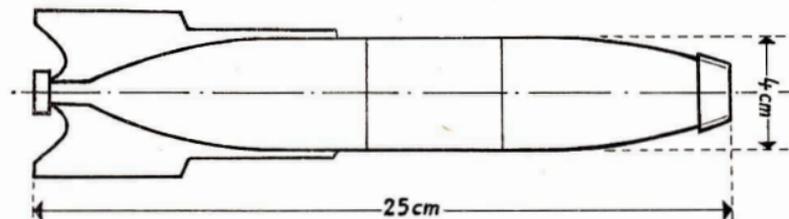


Abb. 1: Schnitt durch die hydropneumatische Rakete.

Wir wollen versuchen, den Flug einer solchen Rakete zu berechnen. Dabei können wir nicht nur Auskunft über die erreichbaren Geschwindigkeiten, die größte Höhe der Flugbahn und die Flugdauer erwarten, sondern auch über Optimierungsfragen, hauptsächlich die folgende: Wieviel Prozent des Innenvolumens der Rakete müssen mit Wasser gefüllt werden, damit die Rakete ihre maximale Leistung erreicht? (Darüber ist in der Gebrauchsanleitung nichts zu lesen.)

Zunächst müssen wir feststellen, daß wir es hier mit einer Rakete zu tun haben, bei der Stützmasse (nämlich das Wasser) und Energieträger (Druckluft) für die Erzeugung des Schubes nicht identisch sind, ähnlich wie bei den elektrischen Triebwerken, im Gegensatz jedoch zu den üblichen chemischen Raketen.

Die erste wichtige Gleichung, die wir brauchen, ist die Bewegungsgleichung der Rakete, die sich bekanntlich aus einer Impulsbilanz ergibt. Wir wollen mit  $m$  die (momentane) Masse der Rakete bezeichnen, mit  $v$  ihre momentane Geschwindigkeit. Wird von  $m$  die kleine Masse  $dm$  abgetrennt und mit der Relativgeschwindigkeit  $c$  abgestoßen, so ändert sich  $v$  um  $dv$ :

$$(1a) \quad m dv = - c dm$$

$c$  ist die Austrittsgeschwindigkeit der Stützmasse aus der Raketendüse. Um das Problem von vornherein zu vereinfachen, beschränken wir uns auf den senkrechten Aufstieg der Rakete (anderenfalls müßten wir die Gleichungen in Vektorform schreiben). Indem wir Gleichung (1a) durch das Zeitelement  $dt$  dividieren, erhalten wir die Bewegungsgleichung. Aber diese Gleichung ist noch nicht vollständig, sie gilt in dieser Form nur im luft- und schwerefreien Raum. Neben dem Schub wirken noch weitere Kräfte auf die Rakete ein, in erster Linie die Schwerkraft  $mg$  ( $g$  ist die Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche) und der Luftwiderstand  $W$ . Insgesamt haben wir deshalb

$$(1) \quad m \dot{v} = - c \dot{m} - m g - W$$

Die zeitlichen Ableitungen von  $m$  und  $v$  haben wir durch einen Punkt gekennzeichnet;  $g = 981 \text{ cm/s}^2$ . Von weiteren Kräften, wie z. B. dem Auftrieb, wenn die Symmetrieachse der Rakete nicht tangential zur Bahn liegt, wollen wir absehen, desgleichen von einer Diskussion des statischen Schubs. Auch den Luftwiderstand  $W$  können wir zunächst in erster Näherung vernachlässigen, da er in unserem Fall normalerweise relativ geringen Einfluß hat und seine Beibehaltung das Lösungsverfahren erheblich kompliziert (siehe unten).

Gleichung (1) ist die Grundgleichung des Problems. Ihre zweimalige Integration liefert den Ort der Rakete als Funktion der Zeit.

Wir bezeichnen noch mit  $m_L$  die Leermasse der Rakete, und mit  $V$  das gesamte Innenvolumen der Rakete; ein Teil davon, nämlich  $V_w$ , ist das zeitabhängige Volumen des Wassers (es ist also  $V_w \leq V$ ), und  $\rho$  sei die Dichte der Stützmasse (für Wasser ist  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ ). Dann ist

$$(1b) \quad m = m_L + V_w \rho.$$

(Die Masse der komprimierten Luft können wir vernachlässigen.) Wenn wir beim Start der Rakete mit der Zeitzählung beginnen ( $t = 0$ ), dann wird das Anfangsvolumen des Wassers  $V_w(0) = V_{w0}$  genannt, und das Massenverhältnis ist

$$(1c) \quad \mu = m(0)/m_L = 1 + V_{w0}\rho/m_L.$$

Um nun die Gleichung (1) lösen zu können, müssen wir noch etwas über den Masseudrutsch pro Sekunde  $-\dot{m}$  und über die Ausströmungsgeschwindigkeit  $c$  wissen (erstes Glied der rechten Seite). Beide Größen sind nämlich auch Funktionen der Zeit, da sie durch den allmählich abnehmenden Überdruck in der Rakete gesteuert werden. Das ist auch der Grund, weshalb der Flug der hydropneumatischen Rakete – obwohl sie auf einem so einfachen Prinzip beruht – doch wesentlich schwieriger zu behandeln ist als der einer chemischen Rakete, bei der während der Brennzeit sowohl  $\dot{m}$  als auch  $c$  annähernd konstant bleiben.

Wir wollen uns nun mit dem Ausflußvorgang etwas genauer beschäftigen. In der kleinen Zeit  $dt$  strömt aus der Düse mit der Querschnittsfläche  $q$  das Flüssigkeitsvolumen  $dV_w$  aus:

$$(2a) \quad dV_w = -q c dt$$

Diese Gleichung ist jedoch noch nicht ganz richtig. Wir müssen die rechte Seite von (2a) noch mit einem Faktor  $\alpha$  ( $\leq 1$ ) multiplizieren;  $\alpha$  ist die „Kontraktionszahl“, die wir brauchen, weil der Strahlquerschnitt in einiger Entfernung von der Düse kleiner ist als  $q$ . Gewöhnlich liegt  $\alpha$  zwischen 0,6 und 0,9 (je nach Form der Düse). Damit wird die Massenänderung der Rakete

$$(2) \quad \dot{m} = -\alpha q \rho c.$$

Durch die Gleichung (2) wird die eine Unbekannte  $\dot{m}$  auf die andere  $c$  zurückgeführt.

Wir müssen nun noch die Ausströmungsgeschwindigkeit  $c$  berechnen. Dazu brauchen wir zunächst das Torricellische (bzw. Bunsensche) Ausflußgesetz

$$(3) \quad c = \sqrt{2 \Delta p / \rho},$$

das sich unmittelbar aus der bekannten Bernoullischen Gleichung für strömende Flüssigkeiten ergibt. Dabei ist  $\Delta p$  der statische Überdruck im Inneren der Rakete (genauer: in der Düse) über den Außendruck  $p_a$  ( $= 1 \text{ at}$ ). Der Druck in der Rakete ist also  $p_a + \Delta p$ .

Und wie groß ist  $\Delta p$ ? Wir hatten das gesamte Innenvolumen der Rakete mit  $V$  bezeichnet; das von der komprimierten Luft eingenommene Teilvolumen ist dann

$V_g = V - V_w$ . Wir wollen die Zeit, während der die Rakete durch den Schub beschleunigt wird, ihre „Brennzeit“  $T$  nennen (analog zu den chemischen Raketen). Während der Brennzeit dehnt sich die Luft in der Rakete aus ( $V_w$  wird kleiner und  $V_g$  nimmt zu), der Überdruck  $\Delta p$  verringert sich dadurch. Die Masse des eingeschlossenen Gases bleibt währenddessen konstant, da das Wasser den unteren Teil der Rakete einnimmt und den Austritt der Luft aus der Düse versperrt (Abb. 1). Wenn wir die Luft als ideales Gas ansehen, besteht zwischen dem Überdruck  $\Delta p$  und dem Volumen des Wassers  $V_w$  der Zusammenhang

$$(4) \quad p_a + \Delta p = (p_a + \Delta p_0) \left( \frac{V - V_{w_0}}{V - V_w} \right)^\beta$$

Gleichung (4) ist die Zustandsgleichung der Luft,  $\Delta p_0$  ist der anfängliche Überdruck beim Start. Falls die Expansion der Luft langsam abläuft, bleibt die Temperatur der Luft konstant, und es ist  $\beta = 1$  (isotherme Expansion). Bei sehr schneller Ausdehnung kann dagegen kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfinden, und es ist  $\beta = \gamma$  (adiabatische Expansion);  $\gamma$  ist der Adiabatenexponent, der für Luft den Wert  $\gamma = 7/5$  hat. Tatsächlich wird für  $\beta$  gelten:  $1 < \beta < \gamma$ . Gleichung (4) nennt man eine Polytropengleichung. Der richtige Wert von  $\beta$  müßte aus einer Untersuchung des Wärmeleitungsproblems gefunden werden, aber darauf wollen wir nicht eingehen.

Wir berechnen nun, wie das Volumen des Wassers in der Rakete  $V_w$  während der Brennzeit abnimmt. Es war (Gl. [2 a]):

$$dV_w = -\alpha q c dt$$

und wenn wir  $c$  mit Hilfe von (3) sowie  $\Delta p$  mit (4) ersetzen:

$$(5a) \quad dV_w = -\alpha q \sqrt{2/g} \left[ (p_a + \Delta p_0) \left( \frac{V - V_{w_0}}{V - V_w} \right)^\beta - p_a \right] dt$$

Damit haben wir eine Beziehung zwischen  $V_w$  und der Zeit  $t$  gefunden. Den hydrostatischen Druck des Wassers haben wir vernachlässigt. Zur Abkürzung führen wir jetzt folgende dimensionslosen Größen ein:

$$1 + \Delta p_0/p_a = P_0; \quad 1 - V_{w_0}/V = V_0; \quad \left( \frac{V - V_{w_0}}{V - V_w} \right)^\beta = x;$$

damit wird aus (5 a)

$$(5b) \quad (x^{1+1/\beta} \sqrt{P_0 x - 1})^{-1} dx = - \frac{q \alpha \beta}{V_0 V} \sqrt{2 p_a / g} dt$$

Diese Gleichung muß nun integriert werden, um  $x$  (und damit  $V_w$ ) als Funktion der Zeit zu erhalten, und zwar ab  $x = 1$ . Durch die Substitution  $P_0 x - 1 = z^2$  läßt sich das Integral noch etwas vereinfachen, doch ist es leider (bei beliebigem  $\beta$ ) durch elementare Funktionen nicht mehr darstellbar.

Ehe wir prüfen, wie wir trotz dieser Situation weiterkommen können, müssen wir zwei verschiedene Möglichkeiten diskutieren, die bei der Expansion der Luft auftreten können. Offenbar kann der Innendruck der Rakete nicht kleiner werden als der Außendruck, also  $\Delta p \geq 0$ . Wenn der anfängliche Überdruck  $\Delta p_0$  genügend groß ist, bleibt  $\Delta p$  stets  $> 0$ , solange noch Wasser in der Rakete ist; der minimale Überdruck  $\Delta p_m$  am Ende der Brennzeit der Rakete beträgt dann

$$(6a) \quad \Delta p_m = p_a (P_0 V_0^\beta - 1).$$

Dabei wird also der gesamte Wasservorrat aus der Rakete herausgedrückt, wir haben den Arbeitsbereich 1 vorliegen. Wenn dagegen  $\Delta p_0$  klein ist, wird  $\Delta p = 0$ ,

wenn ein Teil des Wassers noch in der Rakete verblieben ist; dieses „Restwasser“ nimmt das Volumen  $V_m$  ein:

$$(6b) \quad V_w = V (1 - V_0 P_0^{1/\beta}).$$

Dieses Wasser bleibt auch während des weiteren (passiven) Fluges in der Rakete, falls es nicht durch andere Ursachen (z. B. Zentrifugalkräfte) herausgeschleudert wird, was uns jedoch nicht interessieren soll. Das ist der Arbeitsbereich 2.

Der aktive Flugabschnitt ist im Fall 1 beendet, wenn  $V_w = 0$ ,  $\Delta p = \Delta p_m$  ist, im Fall 2, wenn  $\Delta p = 0$ ,  $V_w = V_m$  ist. Als Kriterium dafür, welche der beiden Möglichkeiten eintritt, erhält man

$$P_0 > V_0^{-\beta} \quad \text{für Fall 1} \\ P_0 < V_0^{-\beta} \quad \text{für Fall 2}$$

Betrachten wir zwei Beispiele: Es sei  $P_0 = 2$  (d. h. der Überdruck  $\Delta p_0 = 1$  at); nehmen wir weiterhin an, daß  $\beta = 5/4$  ist (es muß gelten  $1 < \beta < 7/5$ ). Dann haben wir den Bereich 1 vorliegen, wenn  $V_{w0} < 42,6\%$  von  $V$  ist, d. h. für  $V_0 > 0,574$ . Für  $P_0 = 5$  (d. h.  $\Delta p_0 = 4$  at) gilt dasselbe für  $V_{w0} < 72,4\%$  von  $V$ , also für  $V_0 > 0,276$ . In Abb. 3 und folgenden ist die Grenze

$$(6c) \quad P_0 = V_0^{-\beta}$$

zwischen beiden Bereichen für  $\beta = 5/4$  eingezeichnet.

Wir müssen uns nun mit der Integration der Gleichung (5b) beschäftigen. Man kann hier irgendeine numerische Methode anwenden und das Integral Punkt für Punkt berechnen, oder man entwickelt das Integral nach einem Funktionensystem; wir wollen es uns möglichst leicht machen und approximieren die linke Seite von (5b) durch eine einfachere Funktion. Dadurch erhalten wir natürlich keine exakten Ergebnisse, aber in Anbetracht der vielen sonstigen Vernachlässigungen ist dieses Verfahren einigermaßen zu rechtfertigen. Wir schreiben also

$$x^{9/5} \sqrt{P_0 x - 1} \approx 2/3 \cdot \frac{P_0 + 1}{\sqrt{P_0 - 1}} (x - 1/P_0)$$

(für  $\beta = 5/4$ ). Die algebraische Funktion von  $x$  wird durch eine lineare ersetzt, die zumindest im Mittel einen ähnlichen Verlauf hat. Nach Integration erhält man

$$(7a) \quad \left( \frac{V V_0}{V - V_w} \right)^\beta \approx (1 - 1/P_0) e^{-At} + 1/P_0$$

$$\text{mit} \quad A = 2/3 \frac{q \alpha \beta}{V_0 V} \sqrt{2 P_0 / q} \frac{P_0 + 1}{\sqrt{P_0 - 1}}$$

und unter Verwendung von Gl. (4):

$$(7b) \quad \Delta p \approx p_a (P_0 - 1) e^{-At}$$

Für  $t = 0$  ergibt (7a) und (7b) die richtigen Werte. Man erkennt jedoch leicht, daß diese Näherung nur für den Bereich 1 zulässig ist, und auch nur dann, wenn man nicht zu dicht an  $\Delta p = 0$  am Ende der Brennzeit herankommt. Die Brenndauer  $T$  der Rakete ergibt sich dementsprechend aus  $V_w = 0$ :

$$(8) \quad T \approx 1/A \cdot \ln \frac{P_0 V_0^\beta - 1}{P_0 - 1}$$

Damit haben wir die mit dem Ausfluvorgang zusammenhängenden Probleme hinreichend geklärt, und wir können nun wieder zur Bewegungsgleichung (1) zurückkehren. Nach Division durch  $m$  lautet das erste Glied rechts dieser Gleichung

—  $c \dot{m}/m$ ; da uns seine Größe (als Funktion der Zeit) nicht bekannt war, konnten wir Gleichung (1) zunächst nicht lösen. Jetzt erhält man für diesen Term unter Verwendung von (1 b), (2), (3) und (7 b):

$$(9a) \quad -c \dot{m}/m \approx 2q\alpha \frac{p_a (P_0 - 1) e^{-\Lambda t}}{m_L + V_w \varrho}$$

wobei  $V_w$  aus (7 a) einzusetzen ist. Damit haben wir die Schubbeschleunigung als Funktion der Zeit aufgeschrieben.

Die Beziehung (9 a) ist immer noch ziemlich kompliziert. Zur Vereinfachung approximieren wir den Nenner von (9 a) wieder durch eine lineare Funktion:

$$V_w \approx V - V V_0 (1 + b t)$$

und erhalten

$$(9b) \quad -c \dot{m}/m \approx \frac{2q\alpha p_a (P_0 - 1) e^{-\Lambda t}}{m_L + V \varrho - V V_0 \varrho (1 + b t)}$$

mit

$$b = (1/V_0^{1/\beta} - 1) 1/T$$

Für die numerische Rechnung ist es zweckmäßig, (9 b) in eine Potenzreihe nach  $t$  zu entwickeln, deren Konvergenz größtenteils ausreichend gut ist.

Die Integration der Gleichung (1) bereitet nun mit (9 b) keine Schwierigkeiten mehr. Auch ohne Entwicklung von (9 b) läßt sich die Lösung von (1) in geschlossener Form angeben. Wenn die Rakete bei  $t = 0$  in der Höhe  $z = 0$  startet, erhält man nach zweimaliger Integration für die Höhe  $z$  zur Zeit  $t$ :

1.) für  $t < T$  (aktiver Flugabschnitt)

$$(10a) \quad z_1 = B/C \left[ (1/C - t) \left( Ei(A/C - \Lambda t) - Ei(A/C) \right) e^{-\Lambda/C} + (1 - e^{-\Lambda t}) 1/A \right] - g/2 t^2$$

2.) für  $t > T$  (passiver Flugabschnitt)

$$(10b) \quad z_2 = z_1(T) + v_0(t - T) - g/2 t^2$$

Dabei bedeuten

$$B = \frac{2q\alpha p_a (P_0 - 1)}{m_L + V \varrho (1 - V_0)}, \quad C = \frac{V V_0 (V_0^{-1/\beta} - 1) \varrho}{T (m_L + V \varrho (1 - V_0))}$$

weiterhin ist

$$v_0 = v(T) = B/C \left[ Ei(A/C) - Ei(A/C - \Lambda T) \right] e^{-\Lambda/C} - gT$$

die Brennschlußgeschwindigkeit.  $Ei(x)$  ist das Exponentialintegral.

Die Gleichungen (10 a, b) sind die allgemeine Lösung, unseres Problems, sie beschreiben näherungsweise den vertikalen Flug der hypodropneumatischen Rakete im Arbeitsbereich 1 und unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes.

Wenn man nun spezielle Werte für  $P_0$  und  $V_0$  wählt, kann man den Flug der Rakete auch numerisch berechnen. Wir verwenden dazu folgende Zahlenwerte:

Leermasse der Rakete	$m_L = 45 \text{ g}$
gesamtes Innenvolumen	$V = 175 \text{ cm}^3$
Düsenquerschnitt	$q = 0,27 \text{ cm}^2$
äußerer Luftdruck	$p_a = 1,01 \cdot 10^6 \text{ gcm}^{-1}\text{s}^{-2}$
Schwerebeschleunigung	$g = 981 \text{ cm s}^{-2}$
Polytropenexponent	$\beta = 1,25$
Kontraktionszahl	$\alpha = 0,8$

Diese Werte dürften für die handelsüblichen Raketen etwa typisch sein.

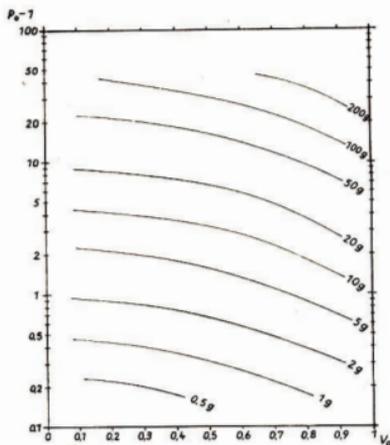


Abb. 2: Startbeschleunigung (Schubbeschleunigung) als Funktion von Überdruck  $P_0-1$  und Volumenanteil der Luft  $V_0$  beim Start ( $P_0-1$  entspricht nahezu dem Überdruck in at). Einheit: Schwerebeschleunigung g; Startgrenze bei 1g.

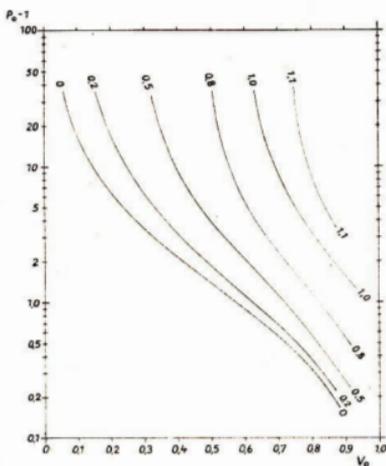


Abb. 3: Verhältnis der Brennschlußbeschleunigung zur Startbeschleunigung (nur Schub), Koordinaten wie Abb. 2. Brennschlußbeschleunigung 0 entspricht der Grenze zwischen Arbeitsbereich 1 und 2.

Abb. 4: Brennzeit T der Rakete, Koordinaten wie Abb. 2.

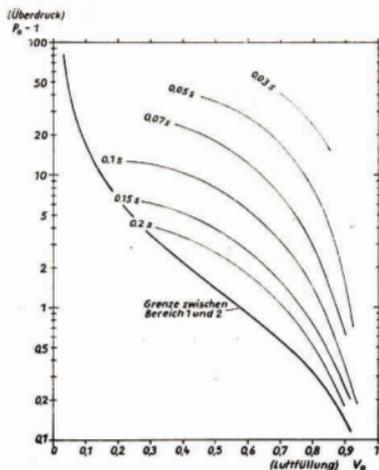
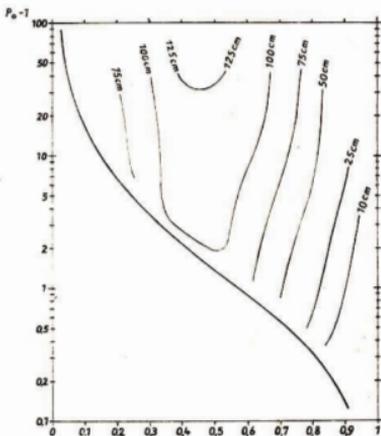


Abb. 5: Brennschlußhöhe h der Rakete, Koordinaten wie Abb. 2.



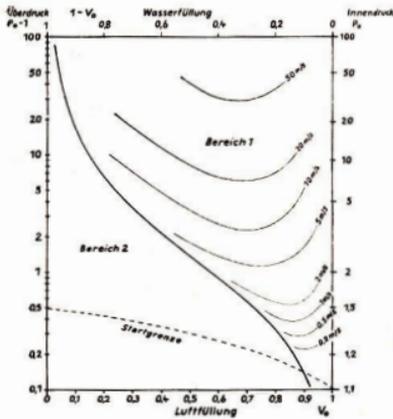


Abb. 6: Brennschlußgeschwindigkeit  $v_0$  der Rakete, Koordinaten wie Abb. 2.

Abb. 7: Steighöhe  $H$  der Rakete, Koordinaten wie Abb. 2. Punktierte Kurve: Optimale Steighöhe bei festem  $P_0-1$ .

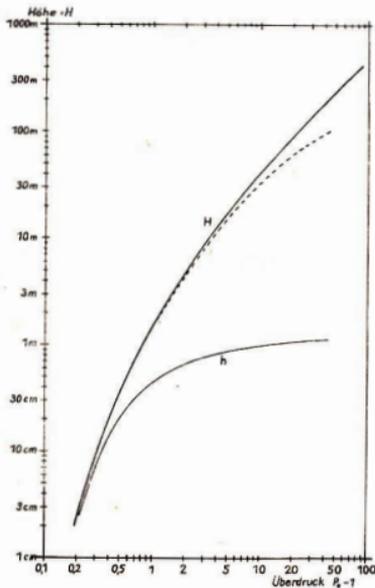
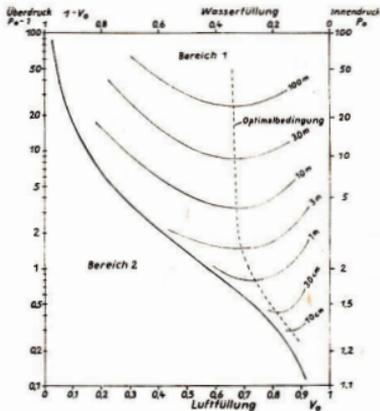


Abb. 8: Steighöhe  $H$  und Brennschlußhöhe  $h$  bei optimalen Bedingungen als Funktion des Überdrucks  $P_0-1$ ; punktiert:  $H$  unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes.

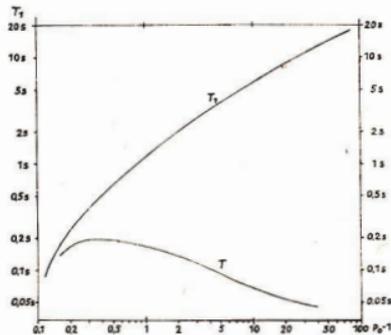


Abb. 9: Flugdauer  $T_1$  und Brenndauer  $T$  bei optimalen Bedingungen als Funktion des Überdrucks  $P_0-1$ .

Einige Ergebnisse der numerischen Rechnungen sind in den Abbildungen 2 bis 9 dargestellt, und zwar als Funktionen der beiden Parameter  $P_0 - 1$  (Überdruck im Innern der Rakete beim Start) und  $V_0$  (Anteil des Innenvolumens, der beim Start mit Luft gefüllt ist). Diese beiden Parameter können wir willkürlich wählen. Das wichtigste läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen:

Der Startschub der Rakete muß bekanntlich mindestens gleich ihrem Startgewicht sein, damit sie abheben kann. Bei festem  $P_0$  ist die Beschleunigung der Rakete umso größer, je kleiner ihre Startmasse ist. Wenn  $V_0$  nahezu 1 ist (Rakete fast leer), genügt bereits ein Überdruck von 0,1 at ( $P_0 = 1,1$ ) zum Abheben; ist die Rakete nahezu voll ( $V_0$  fast 0), so muß der Überdruck wenigstens 0,5 at betragen. Bei  $P_0 > 1,5$  hebt die Rakete ab, ganz gleich, wie groß ihre Füllung ist (d. h. unabhängig von  $V_0$ ); bei  $P_0 < 1,1$  ist der Start in jedem Fall unmöglich.

Mit wachsendem  $P_0$  nimmt die Startbeschleunigung zu (Abb. 2), sie kann recht beträchtliche Werte erreichen. Da der Schub unserer Rakete im aktiven Flugabschnitt ständig abnimmt (im Gegensatz zu den Verhältnissen bei chemischen Raketen), kann sich die Beschleunigung nicht so stark erhöhen wie bei den letzteren, meist wird sie sogar kleiner, da der Schub sich schneller verringert als die Masse. Werte für die Brennschlußbeschleunigung relativ zur Startbeschleunigung sind in Abb. 3 dargestellt. Im Arbeitsbereich 2 ist die Brennschlußbeschleunigung Null.

Die Brennzeit  $T$  der Rakete im Arbeitsbereich 1 ist überraschend klein: sie beträgt nur einige Hundertstel bis einige Zehntel Sekunden.  $T$  nimmt ab, wenn der Druck  $P_0$  größer wird; dasselbe gilt für wachsendes Luftvolumen  $V_0$ , außer bei sehr hohem Druck (siehe Abb. 4). Auch im Bereich 2 ist die Brennzeit nicht wesentlich länger, sie liegt dann bei mehreren Zehntel Sekunden, wie man abschätzen kann.

Dementsprechend ist auch die Brennschlußhöhe  $h = z_1(T)$  gering (trotz der großen Startbeschleunigung); meistens liegt  $h$  unter einem Meter (Abb. 5).

Die Brennschlußgeschwindigkeit  $v_0$  (Abb. 6) wächst natürlich mit zunehmendem Druck  $P_0$  beträchtlich an; wenn man bei konstant gehaltenem Druck das Luftvolumen  $V_0$  variiert, so erkennt man, daß  $v_0$  ein Maximum durchläuft: sowohl bei sehr geringer wie auch bei sehr großer Füllung ist die Geschwindigkeit kleiner als bei mittleren Werten. Das ist ein plausibles Ergebnis, denn in dem einen Grenzfall haben wir zwar viel Energie gespeichert, aber nur wenig Masse, die den Impuls transportieren könnte, und im umgekehrten Fall steht zwar viel Masse zur Verfügung, aber nur wenig Energie. Das Optimum muß irgendwo dazwischen liegen.

Ganz analog verhält sich die Steighöhe  $H = z_{\max}$  der Rakete (Abb. 7), die wegen der niedrigen Brennschlußhöhe in erster Linie durch die Brennschlußgeschwindigkeit bestimmt wird. Auch hier ist — in Abhängigkeit von  $V_0$  — ein Maximum vorhanden, das bei nicht zu kleinem Innendruck etwa bei  $V_0 = 2/3$  erreicht wird, fast unabhängig von  $P_0$  (siehe die punktierte Linie in Abb. 7). Wir können deshalb feststellen, daß die Rakete optimal betrieben wird, wenn wir sie nur zu etwa einem Drittel ihres Volumens mit Wasser füllen. Sie erzielt dann bei vorgegebenem Druck ihre größte Höhe. Das gilt allerdings nur bei relativ hohem Druck; ist der Überdruck geringer ( $P_0 - 1 < 2$  at), so muß der Volumenanteil des Wassers noch kleiner als  $1/3$  gewählt werden, um optimale Bedingungen zu erreichen. Damit ist die anfangs gestellte Frage beantwortet.

In erster Näherung erhält man für  $H$  (aus Gl. 10 b):

$$(10 c) \quad H \approx B'/2 T^2 (1 + B'/g);$$

dabei ist  $B' = \eta B - g$ , und  $\eta$  ist ein Faktor  $\leq 1$ .

Aus den in den Abb. 6 und 7 dargestellten Ergebnissen erkennt man weiterhin, daß die Untersuchung des Raketenfluges im Arbeitsbereich 1 für unsere Zwecke genügt, denn die optimalen Bedingungen fallen stets in den Bereich 1. Die Rakete leistet im Arbeitsbereich 2 wesentlich weniger. In Abb. 8 sind die maximal erreichbaren Höhen (im Optimalfall) nach Abb. 7 nochmals dargestellt, dazu die Brennschlußhöhen, ebenfalls für den Optimalfall (nach Abb. 5).

Alle Werte für die Steighöhe und Brennschlußgeschwindigkeit werden noch durch den bisher vernachlässigten Luftwiderstand etwas verringert, und zwar — nicht nur absolut, sondern auch relativ — umso stärker, je größer die Geschwindigkeit der Rakete ist, je größer also  $P_0$  ist. Allerdings ist der oberste Teil der Abbildungen 2 bis 9 ohnehin nicht realisierbar, da die Festigkeit der Raketenwände den zulässigen Überdruck begrenzt ( $P_0 - 1 \leq 10$ ). Der normale Arbeitsdruck in der Rakete wird deshalb bei etwa 2 bis 8 at liegen.

Wenn man den Einfluß des Luftwiderstandes  $W$  (3. Glied rechts der Gleichung 1) näherungsweise berücksichtigen will, so kann man den Ansatz machen.

$$(11) \quad W/m = c_w \rho_G / 2 m F v^2 = R v^2$$

Dabei ist  $c_w$  der Widerstandsbeiwert,  $\rho_G$  die Luftdichte,  $F$  die Querschnittsfläche der Rakete. Wenn die Beschleunigung durch den Schub konstant ist (während der Brennzeit), läßt sich die Bewegungsgleichung (1) auch in diesem Fall geschlossen integrieren, und man erhält

1.) für  $t < T$ :

$$(12 a) \quad z_1 = 1/R \ln \cosh (\sqrt{B'R} t)$$

2.) für  $t > T$ :

$$(12 b) \quad z_2 = z_1(T) + 1/R \ln \left[ \frac{\cos \arctg (\sqrt{R/g} v_0)}{\cos (\arctg (\sqrt{R/g} v_0) - (t - T) \sqrt{R/g})} \right]$$

mit

$$v_0 = v(T) = \sqrt{B'R} \operatorname{tgh} (\sqrt{B'R} T)$$

Für die Beschleunigung während der Brennzeit haben wir den konstanten Mittelwert  $B' = \eta B - g$  eingesetzt wie in Gl. (10 c) (bezüglich  $\eta$  vgl. Abb. 3). Da die Beschleunigung tatsächlich nicht konstant ist, gilt (12 a) nur näherungsweise, ebenso die Gleichung für  $v_0$ .

Man kann die Lösung (12 a, b) wieder in Potenzreihen entwickeln, z. B. nach Potenzen von  $R$ , um die Abweichung gegenüber der Lösung ohne Luftwiderstand zu bestimmen. Daraus erhält man beispielsweise für die Verringerung der Steighöhe  $H$  durch den Luftwiderstand:

$$(12 c) \quad \Delta H \approx - (B')^2 RT^4 / 12 [1 + 4 (B'/g) + 3 (B'/g)^2]$$

In Abb. 8 ist (punktiert) die Steighöhe unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes eingezeichnet, also  $H + \Delta H$ , falls die Rakete unter optimalen Bedingungen startet. Als Zahlenwerte sind dabei  $c_w = 0,3$ ,  $F = 12,5 \text{ cm}^2$ ,  $\rho_G = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$  verwendet worden; für die Masse  $m$  wurde (im aktiven Flugabschnitt) ein geeigneter Mittelwert eingesetzt. Bei einem Überdruck von 1 at z. B. wird die Steighöhe, die ohne Luftwiderstand fast 1,5 m beträgt, um 1 cm verringert; bei 16 at Überdruck verkleinert sich die Steighöhe (ohne Luftwiderstand mehr als 65 m) bereits um 17 m. Ähnliches gilt für die Brennschlußgeschwindigkeit  $v_0$ . Im Arbeitsbereich 2 ist der Einfluß von  $W$  relativ geringer, da die Masse  $m$  der Rakete während des passiven Fluges größer ist.

Die gesamte Flugdauer  $T_1$  der Rakete ergibt sich schließlich — ohne Luftwiderstand — aus (10 b) mit  $z_2(T_1) = 0$ , bzw. aus (12 b) mit derselben Bedingung. Wir brauchen die Größe der Flugdauer nicht weiter zu diskutieren, da sie als Funktion von  $P_0$  und  $V_0$  ein ähnliches Verhalten zeigt wie  $v_0$  und  $H$ . Meistens gilt  $h \ll H$  und  $T \ll T_1$ , deshalb unterscheidet sich  $T_{1/2}$  kaum von den Werten, die man beim freien Fall aus der Höhe  $H$  erhält:  $T_1 \approx 2 \sqrt{2H/g}$ ; tatsächlich ist

$$(13) \quad T_1 = \sqrt{2H/g} + \sqrt{2(H-h)/g} + T$$

In Abb. 9 ist  $T_1$  sowie  $T$  für den Optimalfall und für  $W = 0$  als Funktion des Überdruckes  $P_0 - 1$  dargestellt.

Wir wollen damit unseren Streifzug durch die Theorie der hydropneumatischen Rakete beenden. Wegen der zahlreichen Vernachlässigungen und der Rechenstabgenauigkeit sind alle angegebenen Werte und die Kurven in den Abbildungen nur ungefähr richtig; die Größe der Fehler läßt sich schwer angeben. Die hier nur im Umriß vorgeführte Theorie bietet jedenfalls für Liebhaber solcher Untersuchungen noch viele Möglichkeiten für weitere und genauere Rechnungen, ohne daß dazu eine allzu schwierige Mathematik benötigt würde. Besonders verbesserungsbedürftig erscheinen: 1. ein besserer Wert für  $\beta$  (der wahrscheinlich höher liegen wird als  $5/4$ ), und 2. eine bessere Näherung für das Integral (5 b); ferner könnte man mit der Gleichung (9 a) statt der Näherung (9 b) rechnen und den Einfluß von Trägheitseffekten und des Luftwiderstandes genauer berücksichtigen (auch der Wert von  $c_w$  ist fraglich). Als Erweiterung wäre schließlich an eine Untersuchung des Arbeitsbereiches 2 und an die Berechnung des schrägen Aufstiegs der Rakete zu denken. Für Interessenten gibt es also noch viel zu tun. Und all denjenigen, die an der Theorie keinen Geschmack finden, denen nur die praktische Erprobung ihres Spielzeugs Spaß macht: auch denen stehen nun wenigstens ein paar Angaben zur Verfügung, um die Leistungsfähigkeit der Rakete zu beurteilen und die günstigsten Bedingungen besser auswählen zu können.

# Es begann in Petrograd

50 Jahre deutsch-sowjetische Freundschaft

**Deutscher Kulturbund Berlin 1967**

Aus dem Inhalt

Der Rote Oktober und wir – Im Oktober 1917 dabei in Petrograd – Hoch der Frieden! Auswirkungen der russischen Februarrevolution und der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution auf die Arbeiterbewegung im ehemaligen Großherzogtum Mecklenburg-Schwerin – Hände weg von Sowjetrußland! Thüringer Arbeiter im Kampf für die Freiheit des jungen Sowjetstaates 1919 bis 1920 – Treue zum sozialistischen Vaterland. Über die Zusammenarbeit von sowjetischen Kriegsgefangenen und deutschen Kommunisten in den Jahren 1920/21 im heutigen Bezirk Magdeburg – Künstler im Klassenkampf. Über den Einfluß der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution auf Kulturschaffende in Deutschland. Erinnerungen – Meine erste Reise ins Land des Roten Oktober – Für Arbeit und Brot! Die Bemühungen um den Abschluß eines Handelsvertrages zwischen der Sowjetunion und dem Freistaat Sachsen im Herbst 1923 – Soermus, Der Rote Geiger. Ein Lebensbild – Blaue Bluse und Rote Schmiede. Beitrag zu den kulturellen Beziehungen der Arbeiter der Industriestadt Halle (Saale) zur Sowjetunion in den Jahren 1923 bis 1933 – Die Fahne! Geschichte einer Freundschaft zwischen Ruhla und Minsk – Das Foto war ihre Waffe! Deutsch-sowjetische Beziehungen der Arbeiterfotografen – Wie ich das neue Deutschland fand. Erinnerungen an die antifaschistische Arbeit in sowjetischer Kriegsgefangenschaft – Empfang mit Lenin! Deutsche und sowjetische Antifaschisten retteten Lenin-Denkmal – Die Kultur gehört dem Volke. Die sowjetische Besatzungsmacht und das Berliner Kulturleben in den ersten Nachkriegsjahren – Der Menschheit bewahrt. Über die Rettung Dresdens als Kunststadt – Tausend Traktoren durchrollten im Frühjahr 1949 das Land – Mehr und besseres Roheisen. Sowjetische Ingenieure halfen den Erbauern des Eisenhüttenkombinats Ost – Verantwortung der Arbeiterklasse. Sowjetische Arbeiterdelegation weite im August 1953 in Großbetrieben der DDR – Sozialistischer Wettbewerb. Wismut-Brigade rief zum Wettbewerb zu Ehren des 40. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution – Deutsch-sowjetische Waffenbrüderschaft. Aufzeichnungen aus den Tagen gemeinsamer Manöver – Am Pirkull. Das 2-m-Spiegelteleskop „Deutsch-sowjetische Freundschaft“.

**198 Seiten und 21 Bildtafeln, 3,80 MDN. Zu beziehen vom Buchhandel und vom Deutschen Kulturbund, Abt. Natur und Heimat, 104 Berlin, Hessische Straße 11–12.**

## Wissenschaft und Menschheit

Jahrbuch 1967

3. Band

Preis 18 MDN

**Anlässlich des 50. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution kommen in diesem Band ausschließlich folgende sowjetische Wissenschaftler zu Wort:**

P. K. Anochin: Neues über die Arbeit des Gehirns; L. A. Silber: Krebs und Viren; A. A. Prokofjewa-Belgowskaja: Chromosomenanomalien beim Menschen; M. M. Gerassimow: Gesichtskonstruktionen historischer Persönlichkeiten; A. W. Arzichowski: Archäologische Entdeckungen in Nowgorod; J. A. Mestscherjakow: Die Erde atmet; N. P. Dubinin: Die Genetik und ihre Perspektive; A. L. Maslumow: Zuckerrübenzüchtung in der Sowjetunion; A. P. Kapiza: Das subglaziale Relief Antarktiskas, J. P. Welichow: Plasmaphysik; W. M. Shdanow: Virus und Zelle; B. K. Wainshtein: Die Beugung von Wellen an Kristallen und die Kristallstruktur; W. W. Parin: Die Entwicklung einiger Methoden der Medizin im kosmischen Raum; A. A. Michailow: Der Mond; W. A. Ambarzumjan: Von der Evolution der Galaxien; N. G. Bassow: Halbleiterlaser; B. A. Dolgoplosk: Die Synthese von Kautschuken; A. A. Wischnewski: Die Kybernetik in der Medizin; I. W. Kragelski: Reibung als Freund und Feind in der Technik.

**URANIA - VERLAG LEIPZIG**

# Astronomie und Raumfahrt



Heinrich  
Maximilian

EVP 1,50 M PZV 31052

PL 31052



# Astronomie und Raumfahrt

1968 **2**

## **Inhalt:**

Begegnung der Erde mit dem Planetoiden IKARUS · Prof. Dr. <i>Johannes Hoppe</i>	33
Elektrische Vorgänge in der Ionosphäre · Elektromagnetische Lichttheorie · Ing. <i>Max Rötsch</i>	35
Vogelzugbeobachtungen vor der Mondscheibe · <i>Helmut Wolf</i>	37

### **Aus der Literatur**

Amateurastronom aus der ČSSR gießt 105-cm-Spiegel	39
Die Erde aus dem Kosmos erkennen	40
Westdeutscher Nachrichtensatellit zur Münchener Olympiade 1972?	42
Tätigkeitsbericht 1967 der Sternwarte Pulsnitz	44
Probleme beim Wiedereintauchen von Raumsonden in die Erdatmosphäre · Ing. <i>W. Strubell</i>	45

### **Bildteil**

Satellit der Molnija-Serie	47
Die südliche Milchstraße · Bildmontage von Dr. <i>Hans Vehrenberg</i>	48
Kosmos-Wettersatellit	50
Astronomische Schnellnachrichten	51

### **Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft**

Vorentwurfsdiagramm für Mehrstufenraketen · Dipl.-Ing. <i>Manfred Sachse</i>	52
Der „Verteilersatellit“ — eine neue Entwicklungsstufe der Nachrichtensatelliten? · <i>H. D. Naumann</i>	61
Neuer Mondatlas	64

### **Neue Bücher**

Zu neuen Horizonten — Himmelswunder im Feldstecher	3. Umschlagseite
--	------------------

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Ruhle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11-12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1967 mit 6 Heften. Bezugspreis einschl. Zustellgebühr 9,00 MDN. Einzelheft 1,50 MDN. 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, Halle (S.).  
Geiststraße 21

# Begegnung der Erde mit dem Planetoiden IKARUS

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE

In der Nacht vom 14./15. Juni 1968 wird zwischen dem Planetoiden IKARUS und der Erde ein Vorübergang stattfinden, bei dem dieser kleine Weltkörper sich in der rund 16,3fachen Mondentfernung befindet. Diese Tatsache hat bereits eine westliche Pressestimme veranlaßt, von einem möglichen Zusammenstoß des Ikarus mit der Erde zu reden, was bei den vorliegenden Gegebenheiten unmöglich erscheint.

Ikarus wurde im Jahre 1949 entdeckt, als er ähnlich wie in diesem Jahre nahe an der Erde vorbeizog. Seitdem hat er diese Stelle bereits 16mal passiert und wird sich auch heuer wieder dort einfinden.

Vergleicht man die Umlaufzeiten von Erde und Ikarus, so zeigt sich, daß 17 seiner Umläufe nur um 5 Tage länger sind als 19 Jahre. So wird die diesjährige Begegnung ähnlich verlaufen wie die des Jahres 1949. Ikarus hat die folgenden Bahnelemente:

$a = 1.0777$ A. E.	$i = 22.965$	$\omega = 30.949$
$e = 0.82654$	$\Omega = 87.700$	$U = 408.5$ Tage

Entsprechend der Exzentrizität ist seine Bahn sehr langgestreckt, nähert sich der Sonne auf 28 Mill. km und kann sich von ihr bis auf 294 Mill. km entfernen. Im ersten Falle liegt die Bahn zwischen Sonne und Merkur, wobei der Körper eine Temperatur von etwa 640 °K oder 370 °C erreichen dürfte. Im sonnenfernsten Punkt wird die Marsbahn überschritten und sich eine Temperatur von knapp 200 °K, also etwa -73 °C einstellen. Dieser Temperaturgegensatz wird die Außenschichten des Planetoiden stark angreifen.

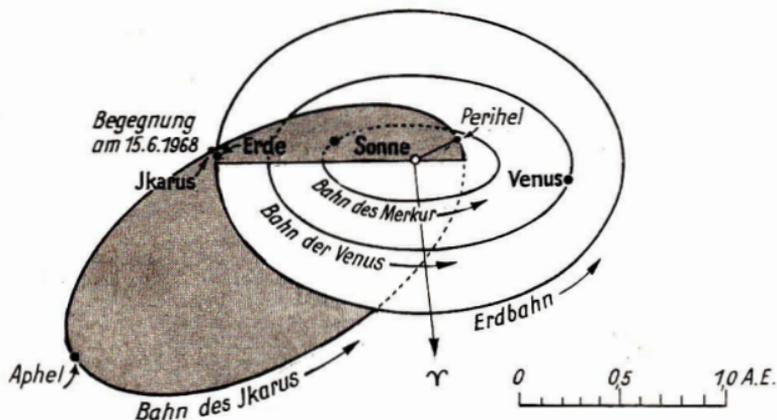


Abb. 1: Die heliozentrische Bahn des Ikarus.

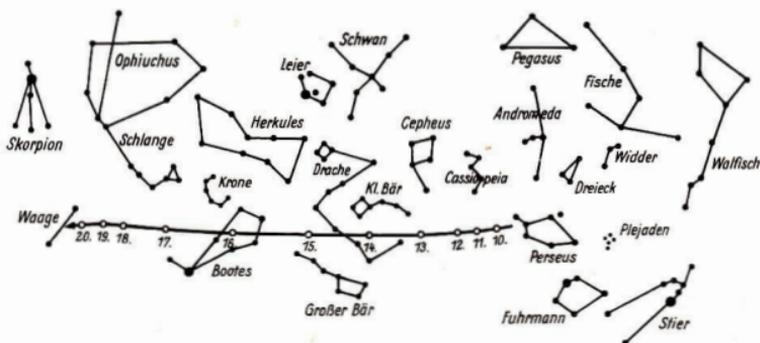


Abb. 2: Bahn des Planetoiden Ikarus vom 10. bis 20. Juni 1968.

Der nahe Vorübergang findet beim absteigenden Knoten der Bahn des Ikarus statt, also an einer Stelle, die von der Erde erst am 19. Juni 1968 erreicht wird, 4 Tage nach der Begegnung. Bemerkenswert ist noch der Umstand, daß der kleine Planet aus geozentrischer Sicht in der zweiten Hälfte des April und um Mitte Mai, also zweimal in Konjunktion zur Sonne gelangt, jedoch die Oppositionsstellung nicht erreicht. Seine scheinbare Bahn an der Sternsphäre ist für die Tage vom 10. bis 20. Juni in der Abbildung 2 dargestellt. Für Beobachter, die über lichtstarke Instrumente verfügen, soll noch zusätzlich eine kleine Ephemeride mitgeteilt werden.\*

Datum	$\alpha$ (1950.0)	$\delta$ (1950.0)	r (A. E.)	$\Delta$ (A. E.)	m
Juni 4	3 <sup>h</sup> 29. m 6	+ 42° 02'	0.8453	0.1920	13.7
6	3' 31. 7	+ 44 53	0.8786	0.1580	13.4
8	3 36. 0	+ 49 10	0.9110	0.1248	13.0
10	3 45. 8	+ 56 20	0.9426	0.0930	12.4
12	4 23. 7	+ 69 58	0.9735	0.0641	11.7
14	13 00. 0	+ 75 37	1.0037	0.0441	10.9
15	14 20. 3	+ 53 42	1.0186	0.0419	10.8
16	14 42. 2	+ 32 04	1.0333	0.0465	11.1
18	14 58. 1	+ 5 16	1.0620	0.0690	12.0
20	15 04. 7	- 7 04	1.0898	0.0987	12.9
22	15 08. 5	- 13 33	1.1169	0.1307	13.4
24	15 11. 1	- 17 29	1.1433	0.1639	14.0

Wie ersichtlich, soll der Planetoid in der Nacht vom 14./15. Juni eine Helligkeit von 10.8 Sterngrößen erreichen. Dann sollte es keine große Schwierigkeit bereiten, ihn auch mit den größeren Schulfernrohren aufzufinden.

Aus seiner Helligkeit errechnet sich ein Durchmesser von 1,1 km, wenn man kugelförmige Gestalt voraussetzt und annimmt, daß dieser Weltkörper eine Albedo besitzt wie unser Mond. Sollte er aus hellerem Material bestehen, dann wäre er entsprechend kleiner. Dem größeren Durchmesser entspräche bei einer Dichte zwischen 1 und 7.8 g/cm<sup>3</sup> eine Masse von 700 Mill. t bis 5,5 Milliarden t. Bei einer etwa zehnfach so großen Albedo hätte Ikarus einen Durchmesser von nur 350 Metern und käme dann schon in die Größenordnung der Riesenneteoriten.

\* Die Werte der Tabelle sind den Ephemeriden der kleinen Planeten für 1968 entnommen, die vom Institut für Theoretische Astronomie in Leningrad (UdSSR) herausgegeben werden.

# Elektrische Vorgänge in der Ionosphäre

## Elektromagnetische Lichttheorie

Ing. MAX RÖTSCH

Wenn man eine Radiowelle (im einfachsten Falle senkrecht) nach oben sendet, wird sie in der Ionosphäre reflektiert. Man kann aus der Zeit, die zwischen Entsendung und Rückkehr der Welle verstrichen ist, und der zeitlichen Struktur des „Echos“ mit Hilfe theoretischer Annahmen über den Vorgang der Reflexion Schlüsse über die sich in der Ionosphäre abspielenden Vorgänge zu ziehen versuchen. In der Ionosphäre sind Gebiete – sogenannte Schichten – vorhanden, in denen die Elektronendichte besonders große Werte erreicht; es gibt insbesondere drei solcher Gebiete: die E-Schicht in etwa 100 km Entfernung, die F<sub>1</sub>-Schicht in etwa 200 km Entfernung und die F<sub>2</sub>-Schicht in etwa 300 km Entfernung von der Erde.

Noch unter der E-Schicht liegt vermutlich eine weitere Schicht, die D-Schicht. Die Atmosphäre besteht in der Ionosphäre im wesentlichen aus Stickstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff ist in der E-Schicht, zum Teil auch in der F-Schicht, fast vollständig, der Stickstoff erst in den F-Schichten zum Teil in Atome dissoziiert.

Die Leitfähigkeit der Atmosphäre in der Ionosphäre ist relativ groß, weil als Ladungsträger freie Elektronen die Hauptrolle spielen, und diese Elektronen wegen der sehr geringen Gasdichte eine große Beweglichkeit haben. Die Leitfähigkeit ist z. B. in den F-Schichten auf etwa das 10<sup>16</sup>fache des Bodenwertes zu schätzen.

Die Ionosphäre ist durch die kurzwellige ultraviolette Strahlung der Sonne sehr stark ionisiert und wirkt daher wie ein Leiter. Es entstehen durch diesen Strahlungsvorgang zunächst positive Ionen und freie Elektronen; diese lagern sich aber teilweise an vorhandene Sauerstoffteilchen an und bilden so negative Ionen, so daß die Ionosphäre ein Plasma wird. Mithin besitzt sie eine beträchtliche Leitfähigkeit. Durch diese leitende Schicht werden die elektromagnetischen Wellen zurückgeworfen und erreichen so – den atmosphärischen Einflüssen weit weniger ausgesetzt als auf geradem Wege – den Empfänger auf weiten Umwegen.

Auch die unteren Schichten sind tagsüber stark ionisiert, weniger während der Nacht. Daher ist die Reichweite aller Wellen nachts größer als am Tage. Die Zurückwerfung der Wellen in der Ionosphäre erklärt auch die Schwunderscheinung: es handelt sich bei dieser um Interferenz, d. h. Überlagerung zweier Wellen, deren eine den Empfänger unmittelbar, deren andere ihn über die Spiegelung an der Ionosphäre erreicht.

Da jedoch die Ionisierung dieser hoher Schichten ständig wechselt und die Luftmassen zudem in ununterbrochener Bewegung begriffen sind, so ändern sich mit dem Gangunterschied der beiden Wellenzüge auch Verstärkung und Schwund – optisch ausgesprochen: Erhellung und Auslöschung – in unregelmäßiger Folge. Sehr kurze elektrische Wellen von einigen Zentimetern Länge verhalten sich hinsichtlich ihrer Ausbreitung schon fast wie Lichtwellen und werden beispielsweise wie Lichtstrahlen durch kleine Hindernisse abgefangen.

Wie man in der Optik durch Interferenzversuche – Michelson, Fresnel – zeigen kann, können unter gewissen Umständen zwei sich überlagernde Lichtstrahlen Dunkelheit ergeben, ein Ergebnis, das nur durch die Annahme einer Wellen-Natur

des Lichtes erklärt werden kann. Da nun sowohl elektrische als auch Wärme- und Lichtstrahlen dieselben Gesetze befolgen und die gleiche Fortbewegungsgeschwindigkeit  $c$  (im leeren Raum) haben, so sind sie offenbar wesensgleich und haben als Unterscheidungsmerkmal nur ihre Wellenlänge. Durch die Interferenzversuche kann man die Wellenlängen von Wärme- und Lichtwellen genau bestimmen. So erhält man für die sichtbaren Lichtwellen die außerordentlich kleinen Beträge von nur 0,4 bis etwa  $0,8 \mu$ , für die infraroten oder Wärmewellen dagegen etwas größere Werte, und zwar von 0,8 bis  $30 \mu$ ; elektrische Wellen andererseits kann man von einigen Kilometern bis herab auf 0,08 mm, also  $80 \mu$  Länge erzeugen, so daß also elektrische, Wärme- und Lichtwellen lückenlos ineinander übergehen.

In der optischen Wissenschaft gibt es allerdings im Anschluß an das sichtbare Licht noch wesentlich kleinere Wellenlängen, d. h. von noch höherer Schwingungszahl, nämlich die ultravioletten Strahlen. Es folgen weiterhin die noch kurzwelligeren Röntgen- und die  $\gamma$ -Strahlen. So ergibt sich eine ununterbrochene Skala von Wellen, deren Längen von einigen Kilometern bis herab zu weniger als  $10^{-10}$  cm schwanken, denen mithin Schwingungszahlen von 100 000 Hz und weniger bis  $10^{20}$  Hz entsprechen. Diese Skala wesensgleicher elektromagnetischer Wellen bezeichnet man als das elektromagnetische Spektrum.

### Vergleich zwischen elektrischen Wellen und Lichtwellen

Schon Maxwell hat tiefgehende Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen optischen und elektromagnetischen Erscheinungen durchgeführt, die eine Wesensgleichheit vermuten ließen. Aber erst durch die Hertz'schen Versuche wurden diese Vermutungen glänzend bestätigt.

Elektrizitätsatome müssen in jedem Körper vorhanden sein, und die Erscheinungen der Elektrolyse und der Leitung durch Gase legen unmittelbar Zeugnis dafür ab, daß die Bausteine der Stoffe positive Ionen und Elektronen enthalten. Andererseits lehrt die Wärmelehre, daß die Moleküle in ständiger (Wärme-)Bewegung begriffen sind, d. h. bei den Festkörpern Schwingungen um ihre Ruhelagen ausführen.

Hin- und herpendelnde elektrische Ladungen oder allgemeiner bewegte elektrische Ladungen geben aber Anlaß zu elektromagnetischer Strahlung, eben der Wärmestrahlung, deren Frequenz sich bei Erhöhung der Temperatur steigert, bis wir schließlich die Strahlung als Licht wahrnehmen. Entstehen somit Licht- und Wärmewellen in gleicher Weise wie elektrische Wellen, so muß es möglich sein, die Hertz'schen Versuche auch mit Lichtwellen anzustellen. Dies ist auch gelungen. Da aber die Hertz'schen Wellen von einem einzigen Dipol ausgehen, die Lichtwellen dagegen von ungeheuer vielen, ganz unregelmäßig im Raum verteilten Teilchen, so ist nicht zu erwarten, daß natürliches Licht, d. h. die von einem glühenden Körper ausgehende Strahlung, eine Vorzugsrichtung habe, d. h. polarisiert sei.

### Dielektrizitätskonstante und Brechzahl

Nach der allgemeinen Wellenlehre ist die Brechzahl  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$  gleich dem Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in den beiden aneinandergrenzenden Mitteln.

Da für elektrische Wellen die Ausbreitungsgeschwindigkeit für ein Mittel mit der Dielektrizitätskonstante und der magnetischen Durchlässigkeit gleich ist

$c' = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$  und  $\mu$  für alle in Betracht kommenden Stoffe gleich 1 gesetzt werden

kann, so ergibt sich für die Brechzahl bei einem Übertritt elektrischer Wellen aus einem Mittel 1 in ein anderes 2 die Beziehung:

$$n_{1,2} = c_1 : c_2 = \sqrt{\epsilon_2 : \epsilon_1}.$$

Treten also beispielsweise Lichtwellen aus dem leeren Raum (oder auch Luft:  $\epsilon = 1$ ) in ein Mittel mit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  ein, so sollte die Brechzahl  $n = \sqrt{\epsilon}$  völlig unabhängig von der Wellenlänge sein, eine Folgerung, die albekanntes Tatsachen der Lichtzerlegung, z. B. durch ein stark brechendes Glasprisma, vollkommen widerspricht. Man nennt diese Erscheinung der Farbenzerstreuung, also die Abhängigkeit der Brechzahl von der Wellenlänge, Dispersion.

### Reflexionsvermögen und Leitfähigkeit

Auftreffende Wellen dringen um so tiefer in einen Körper ein, je besser sein Isolationsvermögen ist; umgekehrt muß daher eine leitende Wand – im obigen Falle die Ionosphäre – eine einfallende Welle um so stärker zurückwerfen, je größer ihre Leitfähigkeit ist. Diese durch die elektromagnetische Lichttheorie geforderte Beziehung zwischen zurückgestrahlter bzw. eindringender und auffallender Energie ist in der Tat für Wärmestrahlen durch Messungen von Hagen und Rubens bestätigt worden. Silber z. B. hat ein auffallend hohes Reflexionsvermögen.

Im großen und ganzen wird die Wesensgleichheit von elektrischen und Lichtwellen durch die gemachten Erfahrungen und Untersuchungen bestätigt. Damit wird an sich die Optik zu einem Teilgebiet der Elektrizitätslehre, wie auch die magnetischen Erscheinungen nur Sonderfälle der allgemeinen elektromagnetischen Naturvorgänge sind.

Zum Schluß geben wir in nachstehender Aufstellung eine Übersicht über die Daten der Ionosphären-Schichten, die allerdings quantitativ nur größenordnungsmäßige Angaben vermitteln kann:

Schicht	h' (km)	n (cm <sup>-3</sup> )	n (cm <sup>-3</sup> )	p (Torr)	T (K)
E	120	bis zu 2 · 10 <sup>5</sup>	6 · 10 <sup>12</sup>	2,5 · 10 <sup>-4</sup>	500
F <sub>1</sub>	220	bis zu 2 · 10 <sup>5</sup>	1 · 10 <sup>11</sup>	1 · 10 <sup>-5</sup>	1000
F <sub>2</sub>	300	bis zu 2,5 · 10 <sup>5</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>-6</sup>	2000

Es ist hierin h' die scheinbare Höhe der Schichtmitte, n die dort vorhandene Elektronendichte, n die Dichte der neutralen Gasteilchen, p der sich daraus ergebende Gasdruck, T die Gastemperatur.

## Vogelzugbeobachtungen vor der Mondscheibe 1965/66

HELMUT WOLF

Im Jahre 1965 erfolgte in dieser Zeitschrift ein Aufruf an alle Sternfreunde, die geeignete große Astrofernrohre von 100 bis 150 mm Öffnung, ein wenig Lust und Zeit besitzen, sich an der Beobachtung des Vogelzuges vor der Mondscheibe zu beteiligen. Diese Beobachtungsart des nächtlichen Vogelzuges ist zwar den Ornithologen seit langer Zeit bekannt, wurde aber

bisher nur mit kleineren Fernrohren durchgeführt, wie sie normalerweise den Feldornithologen zur Verfügung stehen. Damit können aber die kleineren sperlingsgroßen Vögel auf mittleren Entfernungen (2–5 km) und mittelgroße Vögel auf größeren Entfernungen (10–20 km) nicht mehr erfaßt werden. Das Fernrohr löst sie nicht mehr auf, macht sie nicht mehr sichtbar. Man kam so bisher zu sehr geringen Zugfrequenzen pro Beobachtungsstunde. Die Beobachtung mit Astro-Fernrohren ist demgegenüber unvergleichlich lohnender. Sie erweitert den überschaubaren Zugraum, zeigt kleine Vögel auch in beachtlichen Entfernungen und bringt sehr viel mehr Vögel pro Stunde in Sicht.

Über das Ergebnis dieses Aufrufes soll hier kurz berichtet werden, ohne daß damit der Anspruch erhoben wird, durch diese Art der Zugbeobachtung zu grundlegend neuen Erkenntnissen kommen zu wollen. Vielmehr werden die Kenntnisse unserer Ornithologen damit nur bestätigt, vielleicht eine ganze Spur erweitert.

Es beteiligten sich an den Beobachtungen sowohl Sternfreunde aus der DDR, als auch westdeutsche. An 114 Beobachtungsabenden wurde in 86 Beobachtungsstunden – reine Beobachtungszeit mit dem Auge am Okular – 1765 Vögel registriert. Davon entfallen auf die Frühjahrszeiten 278 Vögel in 35 Stunden (= 8 Vögel pro Stunde) und auf die herbstlichen Züge 1487 Vögel in 51 Stunden (= 29 Vögel pro Stunde).

Die Ursache für die höheren Frequenzen im Herbst ist einmal in den Verlusten im Winterquartier zu suchen, vor allem aber in den meteorologischen Verhältnissen Mitteleuropas. Bei den hier vorherrschenden Westwinden erfolgt der Zug in die Sommerquartiere im Frühjahr an sehr vielen Tagen mit nahezu gleicher (niedriger) Frequenz. Im Herbst werden dagegen die vielen Tage mit mittlerem und stärkerem Westwind von den Vögeln praktisch ganz gemieden, weil sie gegen den Wind nicht anfliegen können. Der herbstliche Vogelzug drängt sich so auf die wenigen windstillen Tage oder auf die wenigen Tage mit Ost- oder Nordostwind zusammen. Die Sternfreunde haben nun, um zu Erfolgsmeidungen zu kommen, an solchen Tagen besonders oft und lange beobachtet, weil es sich an den Tagen mit Westwind nicht „loht“.

Wir können also feststellen: Die Vögel nutzen instinktmäßig windstille Tage oder noch besser Tage mit Rückenwind für den Zug aus. Sie ziehen meist einzeln. Paarweiser Zug kommt vor. Reiher, Wildgänse und Kraniche ziehen in Kellen oder Ketten. Kleinere Vogelarten ziehen manchmal in riesigen Schwärmen. Bevorzugte Zugstraßen scheint es nicht zu geben.

Die Zugfrequenzen sind im hohen Maße von der Mondphase abhängig. Bei feiner Mondsichel ist kaum ein Vogel zu erfassen. Ehe das Auge ihn wahrnimmt, ist er im Bruchteil einer Sekunde vor der Sichel vorbeigezogen. Selbst bei Halbmond wird sicher mancher Vogel übersehen. Am günstigsten sind die Tage kurz vor und nach Vollmond.

Die Höhe des Mondes über dem Horizont beeinflusst die Beobachtungsfrequenz ebenfalls entscheidend. Steht der Mond sehr hoch, so ist die Länge der Visierlinie durch den Zugbereich (Bereich zwischen der obersten und untersten Grenze der Zughöhe des jeweiligen Abends) verhältnismäßig kurz. Die relativen Größen der Vögel können dann einigermaßen miteinander verglichen werden. Auch sperlingsgroße Vögel sind dann im Fernrohr immer sichtbar.

Steht der Mond jedoch in geringer Höhe über dem Horizont, so ist die Länge der Visierlinie durch den Zugbereich lang. Die Vögel streuen in ihrer scheinbaren Größe dann häufig in den Faktor 50 und mehr, d. h. zu den unterschiedlichen Größen der Vogelarten kommt noch die stark wechselnde Entfernung hinzu. Sperlingsgroße Vögel haben in 10 km Entfernung weit weniger als eine Winkelsekunde Durchmesser. Sie sind dann auch im Astro-Fernrohr vor der hellen Mondscheibe selbst bei stärkster Vergrößerung nicht mehr zu erkennen.

Schwierigkeiten bereitet das Erkennen der Vogelarten aus Silhouette und Flügelschlag, weil die Beobachter zwar Sternfreunde, aber keine Ornithologen sind. Das Erkennen ist aber zur Bestimmung von Entfernung und Höhe des Zuges unbedingt erforderlich. Bisher konnte in 4 Fällen die Zughöhe ermittelt werden: Es zogen Stare in 460 m, Enten in 340 und 325 m und Wildgänse in 4000 m Höhe über dem Beobachtungsort.

Diese Höhenermittlungen sind besonders wertvoll, weil über die bevorzugten Zughöhen bei den Ornithologen noch keine einheitliche Auffassung besteht. Zughöhen sollen deshalb in Zukunft besonders häufig bestimmt werden. Die vorliegenden Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Zughöhe von der Wetterlage und selbstverständlich von der Vogelart abhängig ist. Die Zughöhen können durchaus von Abend zu Abend und auch im Laufe einer Nacht wechseln. Der Zugbereich kann auch unterschiedliche Mächtigkeit aufweisen.

An über 20 Abenden wurde an verschiedenen Beobachtungsorten ungefähr zur gleichen Zeit beobachtet, und dabei konnten in der Hälfte der Fälle sehr gleichartige Zugfrequenzen registriert werden, an den anderen Abenden aber sehr unterschiedliche Frequenzen, was wohl durch die jeweilige örtliche Wetterlage bedingt wird.

Die größte bisher beobachtete Frequenz betrug 110 Vögel pro Stunde, selbstverständlich im Herbst bei Vollmond und bei – man beachte – sehr schwachem westlichem (!) Bodenwind. Es ist damit zu rechnen, daß diese Zahl einmal wesentlich überboten wird, nämlich dann, wenn im Herbst nach tagelangen starken Westwinden plötzlich der Himmel aufklart und der Wind nach Nordost umspringt.

Eine Abhängigkeit der Zugfrequenz von der Nachtzeit konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Dazu reicht das vorliegende Beobachtungsmaterial zweifellos nicht aus. Bei Beobachtung während einer ganzen Nacht schwanken die Frequenzen erheblich, ohne daß man unmittelbar eine Gesetzmäßigkeit erkennen kann. Sobald mehr Material hierüber vorliegt, soll davon berichtet werden.

Vögel, deren Zug sehr erdnahe erfolgt, sog. Heckenspringer, können mit der vorliegenden Beobachtungsmethode nicht erfaßt werden, denn schließlich hat jede Beobachtungsmethode ihre Grenzen, was nicht zuletzt auch für die Beobachtung des Vogelzuges mittels Radar gilt.

Die Beobachtung des Vogelzuges vor der Sonne ist möglich (Sonnenschutzfilter nicht vergessen!), führt jedoch nach vorliegenden Beobachtungen zu wesentlich niedrigeren Frequenzen als beim Mond, da – wie bekannt – die meisten Vögel nachts ziehen.

Die Vogelzugbeobachtungen mit Astro-Fernrohren vor der Mondscheibe sind von den Beteiligten auch 1967/68 fortgesetzt worden, einmal aus Freude an dem grandiosen Naturschauspiel „Vogelzug“, zum anderen weil Herr Prof. Schildmacher von der Biologischen Forschungsanstalt Kloster auf Hildensee an diesen Beobachtungen sehr interessiert ist und die Weiterarbeit begrüßt. Die Mitarbeit weiterer Sternfreunde ist sehr erwünscht, um zu umfassenderen Aussagen zu kommen.

## Aus der Literatur

### Amateurastronom aus der CSSR gießt 105 cm – Spiegel

Von einer beachtlichen Leistung berichtet der in Loucovice behelmte Amateurastronom und Spiegelschleifer Vilém Erhart im „Orion“, der Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (12, 1, 19, 1967). Erhart hatte bis 1955 schon mehr als 10 gerippte Teleskopspiegel bis zu einem Durchmesser von 63 cm gegossen, und zwar in Stahlformen, welche unten die angenäherte Krümmung der optischen Fläche des Spiegels und oben die Kerne für die Wabenstruktur aufwiesen.

Um größere Spiegel herzustellen, versuchte Erhart ein neues Verfahren, bei dem die Stahlform umgekehrt (Wabenstruktur nach unten) und das Glas (über 100 kg pro Guß!) flüssig in die Form eingebracht wird. Hätte er das alte Verfahren angewandt, so hätte der ihm zur Verfügung stehende elektrische Ofen weder in der Größe noch in der Heizleistung genügt.

Das neue Verfahren erwies sich jedoch als undurchführbar, denn vier Versuche mißlingen. Jedesmal zeigten sich an den gegossenen Glasscheiben spinnwebenartige Risse, 1960 wurden dann Versuche nach dem amerikanischen Verfahren gemacht, bei dem das Glas in eine Chamotte-Form mit Stahlmantel eingelegt und darin geschmolzen wird. In diesem Falle sprengt das Glas beim Abkühlen die innere Form, da der Ausdehnungskoeffizient der Chamotte kleiner als der des Glases ist. Es muß dann also für jeden Guß eine neue Form hergestellt werden.

Der Guß eines 50 cm Spiegels gelang, und da durch einen glücklichen Umstand ein 7 to schwerer elektrischer Ofen mit einer Bodenfläche von  $110 \times 130$  cm Größe erworben werden konnte, schritt Erhart zum Guß eines 105 cm im Durchmesser großen Spiegels. Als Rohmaterial wurden drei je 1,7 cm dicke Tafelglasscheiben von 102 cm Durchmesser verwendet. Bei der Gießform wurde die optische Seite des Spiegels wieder nach unten verlegt, und zwar erhielt der Boden der Gießform einen Krümmungsradius von 800 cm, entsprechend einer Brennweite des zukünftigen Spiegels von 4 m. Die Wabenstruktur, die dieses Mal wieder nach oben kam, erhielt die Form, die beim 5-m-Palomar-Spiegel angewandt wurde.

Während der Vorbereitungen meldeten die Zeitungen, daß in den Glaswerken von Hradec Králové der bisher größte Teleskopspiegel in der CSSR von 86 cm Durchmesser und 100 kg Gewicht hergestellt worden sei. Das war ein Ansporn für Erhart, diesen Spiegelguß durch den Guß seines eigenen Spiegels zu überbieten.

Am 29. November 1962 stand es fest: der Guß des 105 cm Spiegels war gelungen! Also kann auch ein Amateur, sofern ihm nur die erforderlichen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, Teleskopspiegel dieser Größe gießen. Erhart wird nun zum Schluß des Spiegels und zu dem nicht einfachen Bau von dessen Montierung übergehen. Was für großzügige Pläne er hat, ersieht man daraus, daß er sein Instrument auf einem 1084 m hohen Berg, dem Klet, (20 km südwestlich von Budjeovice über der Moldau gelegen) aufstellen will. Dort soll nach seinen Plänen eine Amateur-Sternwarte entstehen, wie sie in dieser Art nicht gleich wieder anzutreffen ist. Wünschen wir dem unternehmungslustigen Amateurastronomen aus der CSSR viel Glück zu seinem Unternehmen!

J. CLASSEN

## Die Erde aus dem Kosmos erkennen

Unabhängig vom Charakter der Aufgaben, die bemannte Raumstationen oder Laboratorien zu lösen haben, sind zwei Arten von Informationen von größtem Interesse. Es sind dies Fotografien (sowohl Schwarzweiß- als auch Farbaufnahmen) verschiedener Objekte, die aus dem Weltraum (Wolken, Teile der Erdoberfläche, Atmosphärenschicht in der Nähe des Horizonts und andere) beobachtet werden, ferner Spektren irdischer und atmosphärischer Bildungen im ultravioletten, im sichtbaren, im infraroten und im Mikrowellenbereich. Der Wert der Fotos beruht auf ihrem hohen räumlichen Auflösungsvermögen (Trennschärfe) und auf den Lichtcharakteristiken (was insbesondere für solche Wissenschaften wie die Geologie, Hydrologie, Topographie und physikalische Geographie wichtig ist). Die Spektren hingegen sind eine wichtige Informationsquelle zur Lösung geophysikalischer (und angrenzender) Aufgaben.

Welche Angaben können Fachleute nun mit Hilfe der Weltraumfotografie gewinnen?

### HYDROLOGIE UND GLAZIOLOGIE

Die Weltraumfotografie kann höchst effektiv eingesetzt werden, um die Schnee- und Eisdecke des Planeten zu studieren. Der Schnee zeichnet sich im Vergleich zu der von ihm bedeckten darunterliegenden Fläche durch einen hellen Ton aus. Schnee und Wolken lassen sich ziemlich mühelos unterscheiden (abgesehen von Fotografien mit einem sehr niedrigen räumlichen Auflösungsvermögen).

Zur Zeit der Schneeschmelze ist es für die Hochwasservorhersage wichtig festzustellen, welche Flächen mit Schnee bedeckt sind und welche schneefrei sind. In diesem Falle werden mehrfache Fotografien der interessierenden Territorien benötigt.

Auf Weltraumfotografien sind leicht zahlreiche Einzelheiten von Gletschern und Gletscherschilden zu erkennen. Deutlich unterscheiden sich Gebirgs- und Talgletscher voneinander (letztere erkennt man an den glatten, hellen Streifen und Feldern).

Große Seen treten als geschlossene dunkle Flecke hervor. In Seen mit sehr durchsichtigem Wasser (ähnlich wie der Issyk-Kul in Mittelasien) kann man bei einer geringen Tiefe (bis zu 50 m) bis auf den Grund sehen. Das aufeinanderfolgende Fotografieren ermöglicht es, im Frühjahr die Dynamik beim Auftauen der Seen und im Herbst den Entstehungsprozeß der Eisdecke zu beobachten. Mit Hilfe solcher Fotografien können außerdem der Zustand der Wasserbecken kontrolliert und zuverlässige Vorhersagen über Hochwasser und Eisschmelzströme abgegeben werden.

Gut erkennbar ist das Flußnetz auf den Fotografien. In den Überschwemmungsgebieten heben sich deutlich Flußläufe und große Wasserflächen mit fließendem und stehendem Wasser ab. An Hand der Fotografien können die Überschwemmungsgebiete der Marschen und der Flußdeltas ermittelt werden.

Eine Analyse der Fotografien ergab weiter die Möglichkeit, die Austrittszonen von Grundwasser an der Erdoberfläche festzustellen (an Hand deutlich erkennbarer dunkler Flecke). Die gleichen dunklen Stellen an der Bodenfläche sind auch nach Niederschlägen zu beobachten. Der Versalzungsgrad des Bodens ist an hellen und hellgrauen Farbtönen mit stark kontrastierender Musterung erkennbar. Aus dem Weltraum aufgenommene Fotografien eignen sich ebenfalls zum Studium der Bodenerosion.

### GEOMORPHOLOGIE

Das hohe räumliche Auflösungsvermögen der Weltraumaufnahmen ist von erstrangiger Bedeutung für die Schaffung geomorphologischer Karten kleinen und mittleren Maßstabs. Auf den Fotografien sind sämtliche Typen des Bodenreliefs erkennbar, sogar das Bodenrelief unter Wasser. Dadurch sind diese Informationen zur Aufstellung topographischer Karten, insbesondere für Karten schwer zugänglicher Gebirgsgebiete, nützlich.

### GEOLOGIE

Die Besonderheiten der geologischen Struktur sind auf Weltraumfotografien sowohl direkt (nach der Verteilung zutage tretenden Grundgesteins) als auch indirekt erkennbar (nach der Verteilung der Deckablagerungen mit Boden- und Vegetationscharakter). Dabei können wir sowohl die geologische Struktur in großen Zügen wie auch die lithologische Zusammensetzung des Gesteins feststellen. Farbphotografien sind hierfür am aufschlußreichsten. Weltraumaufnahmen können zur geologischen Kartographierung im kleinen Maßstab verwendet werden, ferner zum Studium großer regionaler oder globaler geologischer Gesetzmäßigkeiten.

### STUDIUM DER PFANZENDECKE

Einige Landschaftstypen sind auf den Fotografien an Hand des Charakters der Pflanzendecke und der landwirtschaftlichen Nutzflächen erkennbar. Unterschiede in der Zusammensetzung der Vegetation können zur Abgrenzung der einzelnen Typen geologischer Ablagerungen, zur Beobachtung geologischer Strukturen und zu anderen Zwecken dienen.

Auf den Weltraumfotografien sind zahlreiche Einzelheiten der Pflanzendecke zu sehen, dadurch können sie zur Kartographierung und Rayonierung im mittleren und kleinen Maßstab verwendet werden. Die Grenzen der Vegetationszonen in Wüsten und Savannen, der Wald- und Steppenzonen usw. zeichnen sich deutlich genug ab. Dank dem Auflösungsvermögen der Aufnahmen ist es möglich, die Vegetationstypen und Formationsklassen zu erkennen.

Solche Erscheinungen wie die Laubwalddecke und der Laubfall, das Verschwinden des Schnees von der Erdoberfläche und der Entstehungszeitpunkt einer stabilen Schneedecke, die Veränderung der Bodenfeuchtigkeit, das Austrocknen der dichten Grasvegetation, das Reifen der landwirtschaftlichen Kulturen u. a. sind erkennbar.

Die Weltraumfotografie kann zur alljährlichen Untersuchung der Weiden und zur Aufstellung von Prognosen über die Futtervorräte benutzt werden.

#### **LANDSCHAFTSKUNDE**

Die Weltraumfotografie eröffnet große Möglichkeiten für die komplexe Landschaftskunde. Diese beruht auf einer umfassenden Berücksichtigung der Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Bestandteilen der Geosphäre.

Wenn wir die Bilanz des oben Gesagten ziehen, muß hervorgehoben werden, daß die Weltraumfotografie es ermöglichen wird, die topographischen, geologischen, hydrologischen, glaziologischen, geobotanischen, landwirtschaftlichen und andere Karten im Maßstab 1 : 1 000 000 erheblich zu präzisieren. Das gilt insbesondere für die wenig erforschten Territorien des Erdballs.

Beschäftigen wir uns nun mit den Aufgaben, die mit Hilfe der Weltraum-Spektrofotometrie gelöst werden können.

#### **OPTISCHE UNGLEICHARTIGKEIT DER ATMOSPHERE**

Von großem Interesse ist das Studium der optischen Ungleichartigkeit der Atmosphäre, wozu die Besonderheiten ihrer vertikalen Verteilung gehören. Diese Besonderheiten kommen vor allem in der Existenz sogenannter Helligkeitsschichten zum Ausdruck. Die Bedeutung ihres Studiums wurde in der wissenschaftlichen Literatur umfassend diskutiert. Bei Experimentaluntersuchungen wurden einige vorläufige Ergebnisse erzielt.

Informationen über die Helligkeitsschichten können durch Spektrofotometrien oder Fotografiere der atmosphärischen Schichten in der Nähe des Horizonts gewonnen werden. Die Helligkeits- und Polarisationsstruktur des optischen Horizonts unseres Planeten dient als Informationsquelle über die optische Struktur der realen Atmosphäre und in erster Linie über den vertikalen Verlauf und die horizontale Veränderlichkeit des atmosphärischen Streufaktors.

Das eröffnet neue Möglichkeiten die der Ermittlung und dem Studium der Aerosolschichten in der Stratosphäre, ferner die der Untersuchung der Höhenverteilung des Ozons, des Wasserdampfes, des Natriums und anderer Elemente. Diese Angaben können verwendet werden, um die vorhandenen optischen Methoden zur Sondierung der Atmosphäre von der Erde aus zu überprüfen und zu präzisieren.

Wenn wir uns auf den Fall der einfachen Lichtstreuung in der Atmosphäre beschränken, so sind zwei Grundtypen von Experimenten möglich, die von Beobachtern auf einem Raumschiff mit der entsprechenden Apparatur durchgeführt werden.

Bei dem ersten Typ der Experimente befindet sich das Raumschiff über dem Teil des Erdballs, auf dem Nacht herrscht, nicht weit entfernt vom Terminator (Tag-Nacht-Grenze), und man visiert die Aureole der Morgenröte an. Dabei bleibt die Hauptmasse der Atmosphäre, die von der Visierlinie durchschnitten wird, im Gebiet des Schattens und übernimmt die Funktion einer Abschirmwand, welche das Licht der Morgenröte schwächt.

Bei dem zweiten Typ befinden sich sämtliche Gebiete der Atmosphäre, die von der Visierlinie durchschnitten werden, auf der von der Sonne beleuchteten Erde, und der Beobachter visiert den Tageshorizont des Planeten an. Dabei spielt das Streuvermögen der Atmosphäre die Hauptrolle.

#### **SPEKTROSKOPIE VON ERDBILDUNGEN**

Gegenwärtig haben Luftaufnahmemethoden zur Untersuchung der Eigenschaften und Charakteristiken verschiedener Bereiche der Erdoberfläche entsprechend den Spektren der reflektierten Sonnenstrahlung eine umfassende Entwicklung erfahren (hauptsächlich mit Hilfe von Flugzeugen). Die Analyse von Spektren der Infrarot-, der Wärme- und der Mikrowellenstrahlung hat eine aussichtsreiche Perspektive. Der Vorzug der letzteren besteht darin, daß weder der atmosphärische Dunst, noch Wolken ernsthafte Hindernisse für ihre Registrierung vom Flugzeug aus darstellen. Ähnliche Methoden können erfolgreich in Sputniks eingesetzt werden.

Die konkreten mit Hilfe spektroskopischer Methoden lösbaren Aufgaben sind äußerst vielfältig: Identifizierung der geologischen Strukturen, Einschätzung des Zustands der Anbauflächen, Ermittlung der Eisverhältnisse, Katalogisierung der Böden, Erkennung von Waldbränden und vieles andere.

## ABSORPTIONSSPEKTROFOTOMETRIE

Ballonexperimente bestätigen, daß die Methode der Absorptionsspektrometrie (unter Verwendung der Sonne als Strahlungsquelle) zum Studium der Zusammensetzung der oberen Atmosphärenschichten (insbesondere des Wasserdampfgehaltes der Stratosphäre), die auf Messungen der Absorption der Sonnenstrahlung durch verschiedene Bestandteile der Atmosphäre beruht, zukunftsreich ist. Es besteht kein Zweifel, daß die Anwendung einer ähnlichen Methodik auch in einem Orbitallaboratorium effektiv sein muß. Die Wissenschaftler hoffen, zuverlässige Informationen über die Konzentration des Wasserdampfes und des Ozons in den oberen Schichten der Atmosphäre zu erhalten.

Eine ganze Serie von Referaten auf dem 18. Internationalen Astronautik-Kongreß war den sogenannten Rückwirkungs-Aufgaben der Sputnik-Meteorologie gewidmet. Das Ziel dieser Forschungsrichtung besteht darin, Methoden zur Interpretation der verschiedenen quantitativen Charakteristiken der Erdstrahlung, die in den Kosmos ausgesandt und von den Sputniks gemessen wird (ausgehende Strahlung), zu entwickeln, um Angaben über die meteorologischen Parameter der Atmosphäre zu erhalten: über die Temperatur und Luftfeuchtigkeit, über den atmosphärischen Druck und andere Meßwerte.

Umfassend diskutiert wurde die Aufgabe der thermischen Sondierung der Atmosphäre von Sputniks aus. Sie beruht darauf, die Atmosphäre „in Schichten zu zerlegen“, wobei die irdische Wärmestrahlung in den Kosmos im Gebiet einer Wellenlänge von annähernd 15 Mikrometer gemessen wird. Dort ist die vorherrschende Strahlungskomponente der Atmosphäre Kohlendioxid. Die ausgesendete Wärmestrahlung wird in dem zu analysierenden Fall durch die vertikale Verteilung der Konzentration des Kohlendioxids und der Lufttemperatur bestimmt. Da die relative Volumenkonzentration des Kohlendioxids praktisch konstant ist und 0,03 Prozent beträgt, ist es möglich, durch Spektralmessungen der ausgesendeten Strahlung das vertikale Temperaturprofil zu bestimmen. Wenn wir also über Angaben der Spektralmessungen der ausgesandten Strahlung verfügen, können wir die Atmosphäre „in Schichten zerlegen“ und die Temperatur ihrer verschiedenen Schichten bestimmen. Die praktische Lösung dieser Aufgabe wird jedoch durch eine ganze Reihe Schwierigkeiten behindert. Spektralmessungen sehr kleiner Ströme der ausgesendeten Strahlung lassen sich schwer vornehmen. Erste Hindernisse entstehen dabei durch die komplizierte mathematische Seite der Aufgabe, die zur Klasse der sogenannten Nichtkorrekten gehört (positiv ist nur der Umstand zu werten, daß Akademiemitglied A. N. Tichonow und seine Schüler bei der Entwicklung von Methoden zur Lösung nichtkorrekter Aufgaben große Erfolge erzielt haben). Noch nicht gelungen ist es, effektive Methoden zur Interpretation der Messungsangaben zu erarbeiten, die den komplizierten Bedingungen der realen Atmosphäre mit ihrer Schichtenfolge der Wolken und Staubteilchen angepaßt sind.

Die oben genannten Aufgaben, deren Lösung mit Hilfe von Orbitalstationen möglich ist, sind lediglich als eine gewisse Illustration der vorhandenen Möglichkeiten anzusehen, weil sich tatsächlich noch weitaus größere Perspektiven eröffnen.

Prof. K. Kondratjew in „Awiazija i kosmonawtika“, nach Presse der SU, Nr. 58/1968.

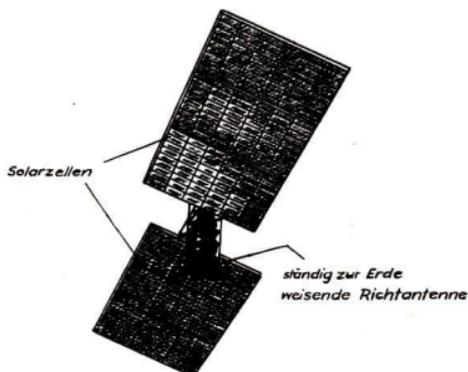
## Westdeutscher Nachrichtensatellit zur Münchener Olympiade 1972?

Nachdem von westdeutschen industriellen Kreisen bereits mehrfach die Forderung erhoben wurde, Westdeutschland solle sich reger mit Nachrichtensatellitenprojekten befassen und eigene Entwicklungen und Starts planen, scheint nunmehr die Münchener Olympiade 1972 ein lukrativer Anlaß zu sein, ein solches Projekt zu realisieren.

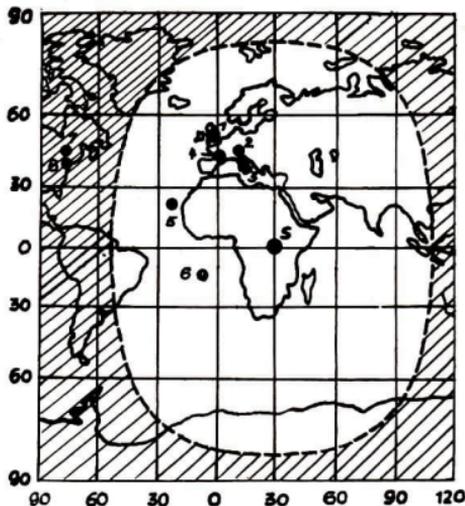
Von der Bölkow KG, Ottobrunn bei München, wurde – westdeutschen Pressemitteilungen zufolge – eine Studie vorgelegt, die die Entwicklung eines solchen Satelliten vorsieht. Er soll – je nach der Leistungsfähigkeit der zur Anwendung kommenden, noch nicht festgelegten Starttrakte – zwischen 150 und 300 kg schwer sein und für die Übertragung von 1200 Gesprächskanälen oder einem Fernsehprogramm ausgelegt sein. Die Sendeleistung des in 3 Achsen stabilisierten und mit einer ständig zur Erde weisenden, leistungsfähigen Richtantenne ausgestatteten Satelliten soll 50 Watt betragen. Dadurch hofft man, seine Sendungen mit relativ kleinen und wenig aufwendigen Bodenstationen empfangen zu können. Die Kosten des Gesamtprojektes werden mit 80 bis 120 Millionen DM veranschlagt. Einen Eindruck von der Gestalt des Satelliten vermittelt Abb. 1.

Der Satellit soll zur Olympiade 1972 einsatzbereit sein und das olympische Geschehen besonders nach dem afrikanischen Kontinent sowie dem Orient übertragen. Zu diesem Zweck wird eine Synchroposition bei etwa 30° ö. L., also direkt über Afrika vorgeschlagen. Abb. 2 zeigt

**Abb. 1: Modellskizze des von BÖLKOW vorgeschlagenen westdeutschen Nachrichtensatelliten für die Münchener Olympiade 1972.**



**Abb. 2: Überdeckungsbereich eines bei 30° ö. L. stationierten Synchron-Satelliten und Lage einiger Bodenstationen.**



S = Satellitenposition

- 1 = Goonhilly Downs (Engl.)
- 2 = Raisting (Westdeutschl.)
- 3 = Fucino (Ital.)
- 4 = Pleumeur-Bodou (Frankr.)
- 5 = Grand Canaria (Insel)
- 6 = Ascension (Engl./Isl.)
- 7 = Mill Village, Nova Scotia (USA)
- 8 = Andover/Maine (USA)

den Überdeckungsbereich eines in dieser Position stationierten Synchronsatelliten. Daraus ist erkenntlich, daß er keine Übertragungen über den Atlantik ermöglichen würde, da die beiden östlichsten Bodenstationen der USA bereits außerhalb des Überdeckungsbereiches liegen.

Z. Z. stellt dieses Projekt noch eine Studie dar, über deren Realisierung noch nicht entschieden ist. Es ist jedoch zu erkennen, daß die westdeutsche Industrie an der Durchführung und natürlich Beteiligung stark interessiert ist.

## Tätigkeitsbericht 1967 der Sternwarte Pulsnitz

**Allgemeines:** Finanzielle Hilfe erhielt die Sternwarte vom Rat des Kreises Bischofswerda. Zur Bekämpfung der nächtlichen Lichtplage wurden 15 Fichten der schnell wachsenden Art *Picea omorica* gepflanzt.

**Personal:** Am 3. 2. 1967 trat Frä. G. Gollmann aus Dresden als Mitarbeiterin ein. Als freiwillige Mitarbeiter waren wieder der Physiklehrer Heinz Spengemann (Instrumente) und der Dolmetscher Alexander Ander (fremdsprachliche Übersetzungen) tätig.

**Bibliothek:** Die „Selenographia sive“ von Johannes Hevelius (1647) befand sich zur Faksimilierung beim Verlag Edition in Leipzig. Mit der Kunstdruckerei C. G. Röder in Leipzig wurden Verhandlungen über Faksimilierung des Buches „Geistliche Betrachtungs-Lust des Comet-Prophetens und himmlischen Ambassadeurs“ von M. Z. G. (1681) aufgenommen.

**Geschichte der Astronomie:** Es gelang, im früheren Sächsischen Landeshauptarchiv in Dresden die Akten der ehemaligen Leipziger Universitätssternwarte aufzufinden. Dadurch konnte die hier in Vorbereitung befindliche geschichtliche Darstellung dieser Sternwarte auf eine sichere Grundlage gestellt werden.

**Meteorite:** Im Laboratorium wurden Versuche an irdischem Perlstein durchgeführt, wobei geklärt werden sollte, inwieweit sich die Entstehung der Tektite durch den Zerfall perlsteinartiger Glasmassen erklären läßt.

**Instrumente:** Zur Aufnahme der Zeitzeichen wurde ein mit vier Kurzwellenbereichen versehener Rundfunkempfänger angeschafft.

**Beobachtungen:** Mit dem 250/1000 mm Astro-Vierlinser von Zeiss gelangen 19 lang belichtete Aufnahmen im blauen und 15 im roten Spektralbereich, letztere mit Belichtungszeiten bis zu 5 Stunden. Am 270/3820 mm Refraktor (Vergrößerung 306 X) wurden 140 Zeitbestimmungen an Erscheinungen im Jupitersystem (Verfinsterungen, Schattenwurf, Bedeckungen und Vorübergänge der Jupitermonde) erhalten und an das Bureau des Longitudes in Paris weitergeleitet. Wenn möglich wurden drei Kontakte (erste Berührung, Halbierung und letzte Berührung) erfaßt. Bei der Überwachung der Mondkrater Alphonsus, Kepler und Aristarch/Herodot wurden am 15. 4. 1967 an Aristarch eine Leuchterscheinung sowie am 19. 10. 1967 zwischen Aristarch und Kepler eine verdächtige Helligkeitsdifferenz festgestellt und dem Lunar and Planetary Laboratory in Tucson (Arizona, USA) gemeldet.

**Wissenschaftliche Arbeiten:** Es wurde mit dem Vergleich von drei Plattenpaaren (je eine Blau- und Rotaufnahme im Cygnus, Taurus und Orion) begonnen. Die Untersuchung einiger bei großen Geschwindigkeiten zu erwartender Bewegungseffekte wurde weitergeführt, das Manuskript ist nahezu fertiggestellt.

**Veröffentlichungen:** J. Classen: Die Verwendung realer Effekte in der speziellen Relativitätstheorie. 2. verbesserte Auflage 1967. (Veröff. Sternwarte Pulsnitz Nr. 1); Die Entstehung der Tektite. (Veröff. Sternwarte Pulsnitz Nr. 2. = „Die Sterne“ 43, 7/8, 154, 1967). Berichte: in „Die Sterne“ (43, 101, 1967; 43, 169, 1967; 43, 169, 1967); in „Astronomie und Raumfahrt“ (22, 1967; 86, 1967; 87, 1967); in „Sterne und Welt-raum“ (6, 209, 1967); in „Naturw. Rundschau“ (20, 209, 1967; 20, 396, 1967; 20, 481, 1967); in „VdS Nachrichtenblatt“ (16, 33, 1967; 16, 92, 1967). Im Druck befindet sich: Die Meteoritenforschung in der UdSSR (Veröff. Sternwarte Pulsnitz Nr. 3 = „Astronomie und Raumfahrt“ 113, 1967).

**Volksbildung:** Die Sternwarte besuchten 7253 Personen. Außerhalb der Sternwarte wurden im Auftrag der Gesellschaft Urania 9 Vorträge gehalten. Für Zeitungen wurden 12 populär-astronomische Beiträge verfaßt.

J. CLASSEN

# Probleme beim Wiedereintauchen von Raumsonden in die Erdatmosphäre

Ing. W. STRUBELL

In einer früheren Mitteilung<sup>1</sup> wurde eine Berechnung angegeben, wie die Stautemperatur in Abhängigkeit von der Machzahl bestimmt werden kann. Bei Eintauchgeräten mit hoher Geschwindigkeit, etwa 11,2 km/sec und mehr, bildet sich am eintauchenden Flugkörper zunächst ein eng begrenzter Verdampfungsherd aus. Die dabei auftretende Energiespitze wird vor allem durch Verdampfung abgebaut<sup>2</sup>. Durch Reibung mit den Luftteilchen der Atmosphäre wird die mit hoher Geschwindigkeit eintauchende Rakete am Verdampfungsherd, also an der Berührungsstelle Rakete – Luft, bis zur kritischen Temperatur erhitzt. Dadurch gelangt das Material in einen gasförmigen Zustand sehr dichter Packung und entweicht unter Mitreißen von Luftpartikeln, d. h. also, die Rakete verbrennt in den dichten Luftschichten der Atmosphäre so, wie wir das gelegentlich bei Meteoren und Feuerkugeln selbst beobachten können. Auf diese Weise wäre also eine Raumfahrt unmöglich.

Es hat nun nicht an gelungenen Versuchen gefehlt, diese Flugkörpererwärmungen beim Eintauchen in die Atmosphäre zu unterbinden. Man hat zunächst versucht, die Wandrauhigkeit der Rakete herabzusetzen, damit die aufrallenden Gasmoleküle nicht mehr so leicht an der Wandung haften können, d. h. es müßte eine spiegelnde Reflexion erreicht werden<sup>3</sup>. Dies ist aber unmöglich, denn die atomaren oder molekularen Luftstrahlen werden nämlich erst dann spiegelnd an einer Wand reflektiert, wenn die Höhe der Unebenheiten einer Wand auf den Strahl projiziert kleiner wird als die de Broglie-Wellenlänge des Luftstrahles<sup>4</sup>.

Für turbulente Strömungen inkompressibler Medien gilt in den wandnahen Gebieten ein universelles Geschwindigkeitsgesetz. Bei hohen Geschwindigkeiten und großem Wärmeübergang wird dieses Gesetz jedoch dadurch beeinflusst, daß infolge der veränderlichen Temperatur  $T$  die Stoffwerte nicht mehr konstant bleiben. Man muß deshalb als weitere Parameter die Wärmestromdichte an der Wand, das ist die an die Wand je Flächeneinheit und Zeiteinheit abgegebene Wärmemenge und die Wandtemperatur bzw. die zugehörige Schallgeschwindigkeit einführen<sup>5</sup>.

Noch viel komplizierter wird das Problem aber bei Wiedereintauchkörpern, weil dann so hohe Temperaturen auftreten, daß sich die molekulare Struktur des Gases durch Dissoziation und Ionisation ändert<sup>6</sup> und damit sehr große Reibungskräfte auftreten<sup>7</sup>. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, die Luftreibung herabzusetzen. So beschreibt u. a. Kalitzin<sup>8</sup> ein Verfahren, die Rakete mit einem Wasserdampfmantel zu umgeben, der mit großer Geschwindigkeit die Außenwände der Rakete umfließt und dadurch die Wände der Rakete von der Atmosphäre trennt. Es soll sich in diesem Falle an den Außenwänden der Rakete eine Schicht von Wasserdampf als Schutzschicht bilden. Die Geschwindigkeit in der Grenzschicht ändert sich dabei von Null (an den Wänden der Rakete) bis zu der relativen Geschwindigkeit der Luft. Die Luft soll dann über diese Dampfhülle gleiten und dadurch den Reibungswiderstand herabsetzen. Ein großer Nachteil dieses Verfahrens besteht vor allem darin, daß Wasser als Ballast in der Rakete mitgeführt werden müßte und dadurch das Massenverhältnis ungünstig beeinflusst wird.

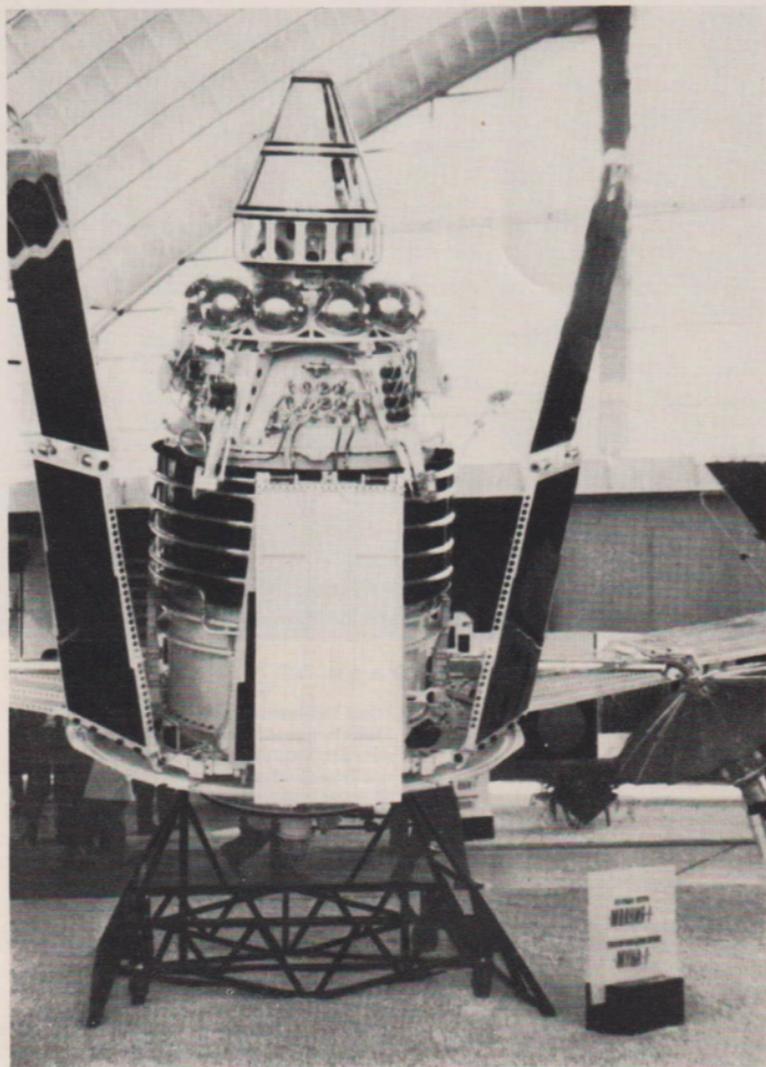
Man ist nun so vorgegangen, daß man die Raketenspitze mit einem Schutzschild umgeben hat, der aus organometallischen Polymerisationsprodukten besteht. In der

46 **Tabelle 1**

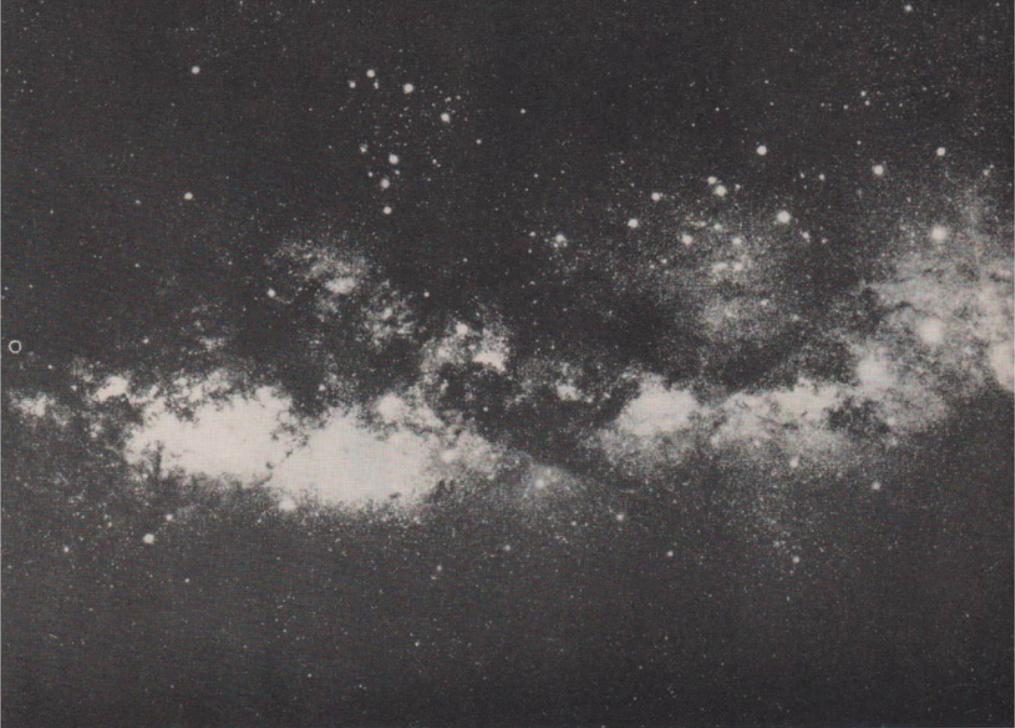
Höhe km	T <sub>L</sub> °K	T <sub>w</sub> °K bei M = 1	T <sub>w</sub> °K M = 2	T <sub>w</sub> °K M = 3	T <sub>w</sub> °K M = 4	T <sub>w</sub> °K M = 5
1,2	291	325	494,7	756,6	1 105,8	1 600
10	230,8	271,9	395,1	600,1	900,1	1 257,9
20	212,8	255,4	378	552	830	1 152
30	231,7	272	398	600	880	1 250
40	262,5	309	446	683	1 000	1 430
50	270,8	316	460	705	1 040	1 480
60	252,8	298	423	660	975	1 385
70	218,0	253	372	564	835	1 183
80	205,0	241	352	535	791	1 120

**Tabelle 2**

1,2	291	174	261,9	378	407,4	785,7
10	230,8	138,5	207,7	300	323,1	623,2
20	212,8	127,7	191,4	276,6	287,9	574,6
30	231,7	139,0	208,5	301,2	324,4	625,6
40	262,5	157,5	236,3	341,3	367,5	708,8
50	270,8	162,5	243,7	352,0	379,1	731,2
60	252,8	151,7	227,5	328,6	353,9	682,6
70	218,0	120,8	196,2	283,4	305,2	588,6
80	205,0	123,0	184,5	266,5	287,0	558,5



Ein Prototyp der sowjetischen Satelliten der Molnija-Serie. Gezeigt wurde diese originalgetreue Nachbildung auf einer Ausstellung anlässlich des XVIII. Kongresses der IAF in Belgrad.

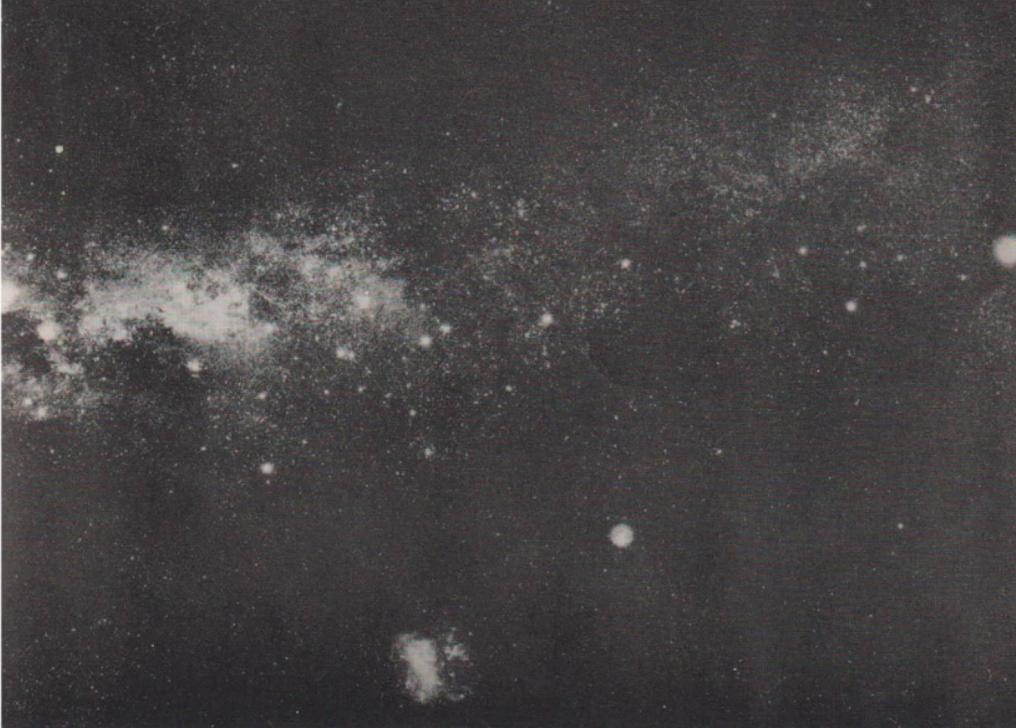


## Die südliche Milchstraße

Diese Bildmontage besteht aus 68 Einzelbildern, die der bekannte Amateurastronom Dr. Vehrenberg (Falkau im Schwarzwald) mit einer Zeiss-Astrokamera ( $f = 25$  cm,  $1:3,5$ ) auf der Südhalbkugel aufnahm und zusammenfügte.

Die Aufnahme umfaßt den Teil der Milchstraße zwischen Canis Major und Scutum, der von der nördlichen Hemisphäre aus zum größten Teil nicht zu sehen ist.

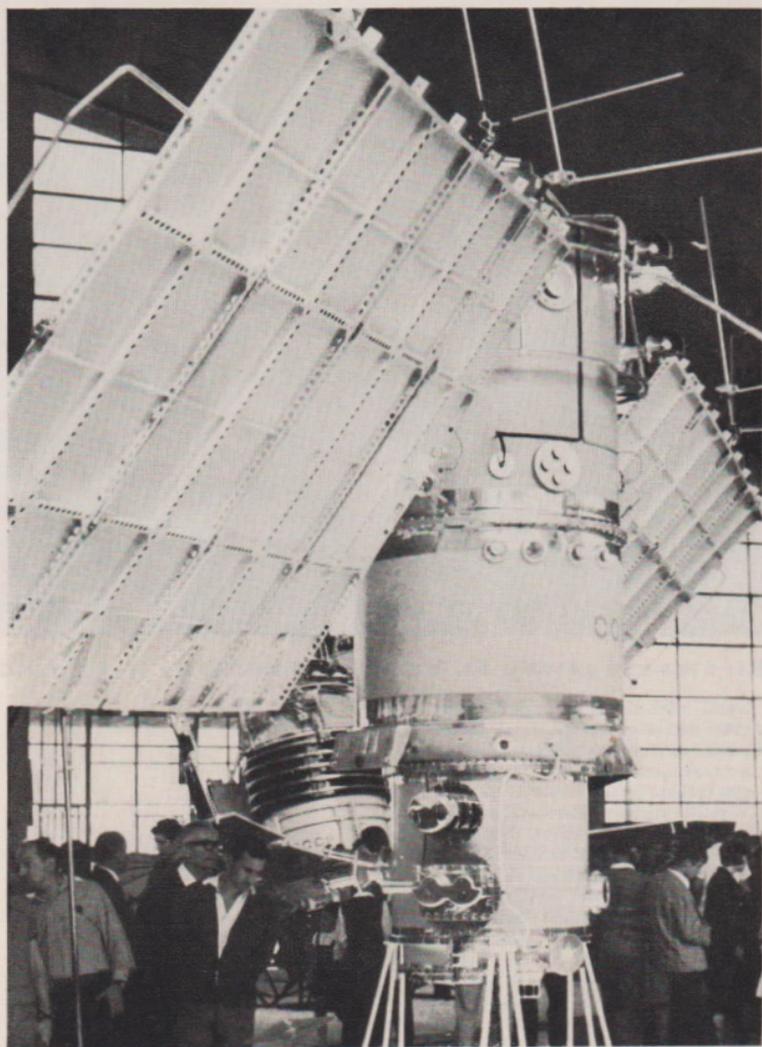
Rechts am Rande Sirius, der hellste Stern am Himmel, links darunter in Richtung zum südlichen Himmelspol – etwa auf  $2/3$  der Entfernung zur Großen Magellanschen Wolke – der im sternarmen Raum besonders auffallende helle Stern Canopus. Ziemlich in der Mitte der „Kohlensack“, eine mächtige Dunkelwolke, und rechts darüber das bekannte Kreuz des Südens. Der am Kopf des Kreuzes nur schwach abgebildete rote Stern Gamma Crucis ist



### **Bildmontage von Dr. Hans Vehrenberg**

visuell wesentlich heller. Weiter links neben dem Kohlensack die beiden hellen Sterne Alpha und Beta Centauri, die unserem Sonnensystem verhältnismäßig nahe stehen. In der Mitte der linken Bildhälfte die dichten Sternwolken im Sagittarius, darüber Scorpius, dessen charakteristischer Kopf mit Antares in das relativ sternarme Himmelsgebiet ragt. Ganz links am Rande die Schildwolke, die bei uns im Sommer schon hoch über dem Horizont steht.

Die Aufnahme von der südlichen Milchstraße kann bei der Astronomischen Station „Johannes Kepler“, 4013 Halle (Saale), zur Sternwarte 1-3, bestellt werden.



Ein sowjetischer Satellit aus der Serie der Kosmos-Wettersatelliten. Die Flächen der Solarzellen sind hier von hinten zu sehen. Durch die daneben stehenden Besucher der Ausstellung in Belgrad wird die Größe dieses Satelliten deutlich.

UdSSR hat man zu diesem Zweck aluminiumtitan- und zirkonorganische Verbindungen eingesetzt<sup>9</sup>. Nach Adrianow<sup>10</sup> haben sich in der SU z. B. Polvaluminiumsiloxane sehr bewährt.

Nach der Formel von Raikow<sup>11</sup> läßt sich die Temperatur von Eintauchkörpern, die mit einem Wärmeschutzschild aus Phenolformaldehyd-Polykondensationsprodukten versehen sind, und als Füllstoffe Asbest enthalten, abschätzen.

Danach ist:

$$T_w = T_L \left( 1 + r \frac{k-1}{2} M^2 \right)$$

$T_w$  = Wandtemperatur

$T_L$  = Lufttemperatur

$k$  = Adiabatenkoeffizient = 1,405 (für Luft)

$r$  = 0,88 – 0,89 bei turbulenter Strömung

$M$  = Machzahl

Daraus ergeben sich die folgenden in Tabelle 1 angegebenen Temperaturwerte für Wandtemperaturen an Raketenkörpern beim Wiedereintauchen in die Erdatmosphäre.

Wenn man die so erhaltenen Temperaturwerte mit<sup>1</sup> vergleicht, so findet man eine Temperaturerniedrigung von 50–100°. Dabei muß berücksichtigt werden, daß hier nur eine überschlägige Rechnung vorgenommen wurde und auch die Formel nach Raikow nur angenäherte Werte liefert.

Die wärmeisolierende Wirkung wird bei Verwendung von metallorganischen Polymerisationsprodukten als Materialien bedeutend verbessert. Hier gilt nach Raikow<sup>11</sup>:  $T_w = T_L \left( 0,5 + r \frac{k-1}{2} M^2 \right)$ . Die damit errechneten Werte sind in Tabelle 2 enthalten.

Weitere Möglichkeiten, um beim Wiedereintauchen von Raketen in die Erdatmosphäre die Erwärmung zu verringern, sind vor allem auch durch entsprechende Bremsmanöver und Landefallschirme gegeben.

#### Literatur:

1. W. Strubell: *Astronomie u. Raumf.* 3, 31 (1965).
2. W. Strubell: *Astronautica Acta* 4, 182 (1958).
3. W. Strubell: *Weitraumfahrt* 10, 17 (1959).
4. E. Säger: *Z. Naturforsch.* 9a, 410 (1954).
5. J. Rotta: *Z. Flugwiss.* 7, 264 (1959).
6. W. Szablewski: *Revue de Mathématiques pures et appliquées* 1, 181 (1956).
7. W. Szablewski: *Ingenieur-Archiv* 32, 191 (1963).
8. G. Kalitzin: *Wissensch. Z. d. TH Magdeburg* 3, 89 (1960).
9. C. Carroll-Porczynski: *Advanced Materials*, Guildford 1962.
10. Adrianow: *Design Engng.* 51, 132 (1960).
11. J. G. Raikow: Die Erwärmung von Flugkörpern während des Fluges, Moskau 1962 Seite 12 (russ.)

## Astronomische Schnellnachrichten

Der Versand der astronomischen Schnellnachrichten des Zentralen Fachausschusses Astronomie wird nach einjähriger Unterbrechung wieder aufgenommen. Wir bitten alle Fachgruppen und Einzelinteressenten, die die weitere Zusendung wünschen, um schriftliche Bestellung.

Deutscher Kulturbund  
104 Berlin  
Hessische Straße 11/12

# 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

## Vorentwurfsdiagramm für Mehrstufenraketen

Dipl.-Ing. MANFRED SACHSE

### 1. Bedeutung der benutzten Bezeichnungen

#### 1.1. Symbole

- c = effektive Ausströmgeschwindigkeit
- K = Leermasse einer Raketenstufe (Konstruktionsmasse)
- M = Gesamtmasse einer Unterrakete
- M\* = Raketenstartmasse
- N = Nutzmasse
- P = Gesamtnutzmassenverhältnis
- p = Teilnutzmassenverhältnis (Nutzmassenverhältnis einer Unterrakete)
- s = Konstruktionsfaktor einer Raketenstufe
- T = Masse des in einer Raketenstufe untergebrachten Treibstoffs einschließlich der für die Treibstoff-Förderung evtl. zusätzlich benötigten Betriebsstoffe
- v = Brennschlußgeschwindigkeit
- v\* = Auslegungsgeschwindigkeit
- z = Ziolkowski'sche Zahl einer Unterrakete
- λ = unbestimmter Multiplikator

#### 1.2. Zeiger

- 1, 2, ..., i, ..., n Kennzeichnung der Raketenstufen bzw. Unterraketen
- m = geometrischer Mittelwert

### 2. Einleitung

Häufig ist es erforderlich, die Startmasse einer Rakete, die für die Durchführung bestimmter Raumflugvorhaben zur Verfügung stehen müßte, in einem ersten Vorentwurf überschlägig zu bestimmen. Damit ist dann gleichzeitig eine grobe Abschätzung des erforderlichen Aufwandes möglich, und die zur Diskussion stehenden Varianten können in ihrer Grundkonzeption miteinander verglichen werden. Oft

besteht auch Interesse daran, aus Meldungen über den Start von Raumflugkörpern auf die Startmasse der Trägerraketen zu schließen, zumal gerade solche Angaben aus naheliegenden Gründen meist nicht mit veröffentlicht werden.

Derartige Operationen lassen sich mit Hilfe entsprechend aufgebauter Vorentwurfsdiagramme schnell und mit wenig Mühe durchführen und liefern, obwohl dem Rechnungsgang vereinfachende Annahmen zugrundeliegen, durchaus brauchbare Ergebnisse. Im folgenden soll ein Vorentwurfsdiagramm für Mehrstufenraketen entwickelt und seine Anwendung anhand eines Beispiels erläutert werden.

### 3. Ableitung der Grundgleichung für die Ermittlung der Nutzmassenverhältnisse

Den Ausgangspunkt der Betrachtungen stellt das von M. VERTREGT für die überschlägige Berechnung von Mehrstufenraketen vorgeschlagene Verfahren dar [1], [2]. Die dabei verwendete Terminologie führt neben dem Begriff der Raketenstufe den der Unterrakete ein, wobei die  $i$ -te Unterrakete aus der  $i$ -ten und allen folgenden Raketenstufen besteht (Abb. 1). Alle der  $i$ -ten Stufe folgenden Raketenstufen stellen die Nutzmasse der  $i$ -ten Unterrakete dar.

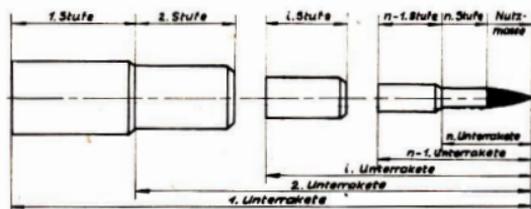


Abb. 1: Stufen und Unterraketen einer  $n$ -Stufenrakete.

Die Startmasse  $M_n^*$  einer  $n$ -stufigen Rakete entspricht der Gesamtmasse  $M_1$  der 1. Unterrakete und setzt sich zusammen aus der Konstruktionsmasse und der Treibstoffmasse der 1. Stufe und der Gesamtmasse der 2. Unterrakete:

$$M_n^* = M_1 = K_1 + T_1 + M_2 \quad (1)$$

Analog dazu gilt für die Gesamtmasse der  $i$ -ten Unterrakete

$$M_i = K_i + T_i + M_{i+1} \quad (2)$$

Die Gesamtmasse der  $n$ -ten (letzten) Unterrakete erhält man aus

$$M_n = K_n + T_n + N \quad (3)$$

Die Konstruktionsmassen  $K$ , die Treibstoffmassen  $T$ , die Gesamtmassen  $M$  und die Nutzmasse  $N$  sind durch die Verhältniszahlen  $p$ ,  $z$  und  $s$  miteinander verknüpft. Es werden definiert:

$$p_i = \frac{M_i}{M_{i+1}} \quad (4)$$

$$z_i = \frac{M_i}{M_i - T_i} \quad (5)$$

$$s_i = \frac{K_i + T_i}{K_i} \quad (6)$$

Hieraus läßt sich folgender Zusammenhang ableiten:

$$p_i = \frac{M_i}{M_1 - \frac{M_i}{z_i} - M_i \left(1 - \frac{1}{z_i}\right)} \quad (7)$$

$$p_i = \frac{s_i - 1}{\frac{s_i}{z_i} - 1}$$

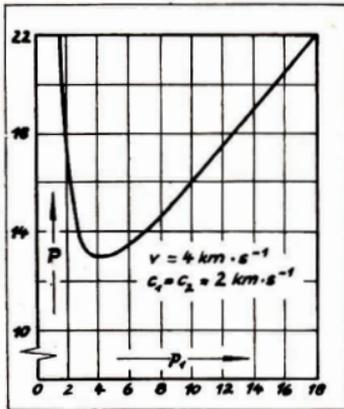
Durch Multiplikation der  $p$ -Werte aller  $n$  Unterraketen erhält man das Gesamtnutzmassenverhältnis  $P$  für eine  $n$ -stufige Rakete:

$$P = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_1 \cdots p_n \quad (8)$$

$$P = \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{M_2}{M_3} \cdots \frac{M_1}{M_{i+1}} \cdots \frac{M_n}{N} \quad (9)$$

$$P = \frac{M_1}{N} \text{ bzw. } P = \frac{M_n^*}{N} \quad (10)$$

Untersucht man für eine geforderte Brennschlußgeschwindigkeit  $v$  die Abhängigkeit des Gesamtnutzmassenverhältnisses von der Verteilung der Teilnutzmassenverhältnisse auf die einzelnen Unterraketen, so ergibt sich bei einer bestimmten  $p$ -Verteilung ein Minimum für  $P$  (Abb. 2).



Beim Entwurf von Mehrstufenraketen ist man stets bestrebt, diesem Minimalwert durch eine weitgehende Abstimmung der Einflußgrößen  $p$ ,  $s$  und  $c$  aufeinander möglichst nahe zu kommen. Für das daraus resultierende Extremwertproblem

$P = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_1 \cdots p_n$  Minimum kann gleichbedeutend

$$\ln P = \sum_1^n \ln p_i \quad \text{Minimum} \quad (11)$$

geschrieben werden.

**Abb. 2:** Abhängigkeit des Gesamtnutzmassenverhältnisses von der Aufteilung der Teilnutzmassenverhältnisse auf die einzelnen Unterraketen (Zweistufenraketen;  $s_1 = 9, s_2 = 7$ ).

Die Veränderlichen  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_i, \dots, p_n$  sind durch die Raketen Grundgleichung

$$v = \sum_1^n c_i \cdot \ln z_i \quad (12)$$

miteinander verknüpft. Durch Umformen der Gleichung 7 erhält man

$$z_i = \frac{s_i \cdot p_i}{s_i - 1 + p_i} \quad (13)$$

und kann damit für Gleichung 12 schreiben

$$v = \sum_1^n c_i \cdot \ln \frac{s_i \cdot p_i}{s_i - 1 + p_i} \quad (14)$$

Unter Anwendung der Lagrange'schen Multiplikatorenmethode ergibt sich die Funktion

$$\Phi = \sum_1^n \ln p_i + \lambda \left( v - \sum_1^n c_i \cdot \ln \frac{s_i \cdot p_i}{s_i - 1 + p_i} \right) \quad (15)$$

Die partielle Ableitung nach  $P_i$  führt zu

$$\frac{\partial \Phi}{\partial p_i} = \frac{1}{p_i} - \frac{\lambda \cdot c_i}{p_i} + \frac{s_i \cdot \lambda}{s_i - 1 + p_i} \quad (16)$$

Setzt man diesen Ausdruck gleich Null, so wird

$$p_i = \lambda \cdot c_i (s_i - 1) - s_i + 1 \quad (17)$$

Durch Einsetzen in Gleichung 14 ergibt sich

$$v = \sum_1^n c_i \cdot \ln \frac{s_i [\lambda \cdot c_i (s_i - 1) - s_i + 1]}{\lambda \cdot c_i (s_i - 1)}$$

$$v = \sum_1^n c_i \left[ \ln s_i + \ln \left( 1 - \frac{1}{\lambda \cdot c_i} \right) \right] \quad (18)$$

Die Ermittlung des unbestimmten Multiplikators  $\lambda$  ist nur mit Hilfe der Näherungsrechnung möglich. Für den Sonderfall gleicher Ausströmgeschwindigkeiten

$$c_1 = c_2 = c_3 = \dots = c_i = \dots = c_n = c$$

kann ein elementarer Lösungsweg beschritten werden. Aus Gl. 18 erhält man dann

$$v = c \sum_1^n \ln s_i + c \cdot n \cdot \ln \left( 1 - \frac{1}{\lambda \cdot c} \right) \quad (19)$$

und daraus

$$\frac{v}{c \cdot n} - \frac{1}{n} \sum_1^n \ln s_i = \ln \left( 1 - \frac{1}{\lambda \cdot c} \right) \quad (20)$$

Die linke Seite dieser Gleichung läßt sich durch die geometrischen Mittel der Ziolkowski'schen Zahlen und der Konstruktionsfaktoren ausdrücken. Unter der Voraussetzung gleicher Ausströmgeschwindigkeiten kann man für Gl. 12 schreiben

$$v = c \sum_1^n \ln z_i \quad (21)$$

$$\frac{v}{c \cdot n} = \frac{1}{n} \sum_1^n \ln z_i$$

$$\frac{v}{c \cdot n} = \ln z_m \quad (22)$$

Des weiteren ist

$$\frac{1}{n} \sum_1^n \ln s_i = \ln s_m \quad (23)$$

Damit ergibt sich aus Gl. 20

$$\ln z_m - \ln s_m = \ln \left( 1 - \frac{1}{\lambda \cdot c} \right) \text{ bzw. } \frac{z_m}{s_m} = 1 - \frac{1}{\lambda \cdot c} \quad (24)$$

Aus Gl. 17 erhält man durch Umformen

$$\lambda \cdot c = \frac{p_i - 1 + s_i}{s_i - 1}$$

Setzt man diesen Ausdruck in Gl. 24 ein, so wird schließlich

$$\frac{z_m}{s_m} = \frac{p_i}{p_i - 1 + s_i}$$

und damit das Teilnutzmassenverhältnis der  $i$ -ten Unterrakete

$$p_i = \frac{s_i - 1}{\frac{z_m}{s_m} - 1} \quad (25)$$

Diese Gleichung bildet die Grundlage für die Entwicklung des Vorentwurfsdiagramms. Durch die Forderung, die gestellte Raumflugaufgabe mit einer Träger Rakete kleinstmöglicher Startmasse zu lösen, sind die Teilnutzmassenverhältnisse  $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$  bestimmt. Daraus kann das Gesamtnutzmassenverhältnis  $P$  er-

mittelt (Gl. 8) und bei gegebener Nutzmasse  $N$  schließlich die Raketenstartmasse  $M_n^*$  errechnet werden (Gl. 10).

Für den Zweck des Vorentwurfs sind somit lediglich die Einflußgrößen  $v$ ,  $c$  und  $s$  zu wählen und festzulegen. Die Anzahl  $n$  der Unterraketen bzw. Raketenstufen ist, sofern nicht bekannt, diesen Werten anzupassen.

#### 4. Wahl der Einflußgrößen

##### 4.1. Auslegungsgeschwindigkeit $v^*$

In Gl. 12 stellt  $v$  die ideale Brennschlußgeschwindigkeit dar. Sie wird von der Rakete im kräftefreien Raum (keine Beeinflussung durch Schwerfeld und Luftwiderstand) erreicht. Soll ein Raumflugkörper mit der Nutzmasse  $N$  auf eine Höhe  $h$  über der Erdoberfläche transportiert und ihm dort eine der Aufgabenstellung entsprechende Umlaufgeschwindigkeit erteilt werden, so ist hierzu ein Gesamtenergieaufwand erforderlich, der sich zusammensetzt aus

einem der Höhe  $h$  entsprechenden potentiellen Energieanteil,  
einem der Umlaufgeschwindigkeit entsprechenden kinetischen Energieanteil,  
einem Energieanteil für die Durchführung von Kurs- und Lageänderungen und  
einem Energieanteil zur Deckung der Verluste (Einfluß des Schwerfeldes während der Zeit des Aufstiegs, Einfluß des Luftwiderstandes).

Diesem Gesamtenergieaufwand entspricht der Gesamtgeschwindigkeitsbedarf  $v^*$ , für den die Rakete zu bemessen ist und der darum auch als Auslegungsgeschwindigkeit bezeichnet und anstelle von  $v$  in Gl. 21 eingesetzt wird:

$$v^* = c \cdot \sum_1^n \ln z_i \quad (26)$$

Damit ist dann

$$z_m = e^{\frac{v^*}{c \cdot n}} \quad (27)$$

In Tabelle 1 sind die  $v^*$ -Werte für einige Raumflugaufgaben zusammengefaßt.

**Tabelle 1: Anhaltswerte für die Auslegungsgeschwindigkeit  $v^*$  nach [3]**

Aufgabe	$v^*$ [km · s <sup>-1</sup> ]
Erdsatellit, 500 km Höhe, polare Bahn	9,6
Erdsatellit, 500 km Höhe, äquatoriale Bahn	9,2
Erdsatellit, 10 000 km Höhe, polare Bahn	12,0
Erdsatellit, 10 000 km Höhe, äquatoriale Bahn	11,5
Erdsatellit, 36 000 km Höhe, östliche Bahn, 30° gegen Äquator geneigt	13,2
Erdsatellit, 36 000 km Höhe, äquatoriale Bahn	12,8
Flucht von der Erde	12,2 ... 12,6
Mondsatellit	13,5
Mars-Sonde	13,5
Venus-Sonde	13,1

##### 4.2. Ausströmgeschwindigkeit $c$

Die Verwendung der Gl. 25 für die Ermittlung der Nutzmassenverhältnisse bedingt die Wahl einer gemeinsamen Ausströmgeschwindigkeit

$$c_1 = c_2 = c_3 = \dots = c_n = c$$

für alle  $n$ -Stufen der Trägerrakete. Obgleich eine derartige Übereinstimmung der

c-Werte in der Praxis nicht anzutreffen ist, kann diese Vereinfachung im Rahmen einer Überschlagsrechnung durchaus vertreten werden.

In Tabelle 2 (S. 58) wird ein Überblick über die wichtigsten technischen Daten einiger Raketentriebwerke gegeben. Die in Spalte 4 enthaltenen Angaben können als Vergleichswerte für die Wahl der Ausströmgeschwindigkeit c dienen.

#### 4.3. Konstruktionsfaktoren s

Die Konstruktionsfaktoren s stellen eine Bewertungsgröße für die konstruktiv-technologische Ausführung der einzelnen Raketentufen dar. In der Regel ergibt sich für die Startstufe ein höherer s-Wert als für die Oberstufen, die auf Grund der größeren Beschleunigungen stärkeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind und entsprechend dimensioniert werden müssen.

In Tabelle 3 sind einige Anhaltswerte für die Wahl der Konstruktionsfaktoren zusammengestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß die in der Fachliteratur veröffentlichten Massenangaben oft lückenhaft sind und sich z. T. widersprechen. Aus diesem Grunde stellen auch die aus ihnen gewonnenen und hier angegebenen Konstruktionsfaktoren lediglich Richtwerte dar.

**Tabelle 3: Konstruktionsfaktoren einiger Trägerraketen [3], [5]**

Rakete	Stufe	Konstruktionsfaktor
Vanguard	1	9,1
	2	5,6
	3	5,9
Scout	1	5,3
	2	3,3
	3	3,0
	4	5,0
Thor-Delta	1	13,6
	2	4,8
	3	—
Thor-Agena B	1	13,6
	2	7,8
	3	—
ELDO-A	1	13,7
	2	6,4
	3	6,6
Saturn V	1	16,3
	2	13,4
	3	12,5

#### 5. Zusammenstellung der Gleichungen

Das Vorentwurfdiagramm wurde mit Hilfe folgender Gleichungen gezeichnet:

$$c = \text{konst.} : z_m = e^{\frac{v^*}{n \cdot c}} \quad (\text{Gl. 27}) \quad s_m = \text{konst.}, s_1 = \text{konst.} : p_i = \frac{s_1 - 1}{z_m - 1} \quad (\text{Gl. 25})$$

$$z_1 = \text{konst.} : p_i = \frac{s_1 - 1}{z_1 - 1} \quad (\text{Gl. 7}) \quad p_i = \text{konst.} : \frac{M_i^*}{N} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_i \quad (\text{analog Gl. 8 u. Gl. 10})$$

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Zahlenwerte für das Teilnutzmassenverhältnis  $p_3$  im Diagramm so gewählt worden, daß der Verlauf ihrer Geraden mit dem eines Teiles der  $p_2$ -Geraden zusammenfällt.

1	2	3	4	5
Triebwerk	Schub [Mp]	Treibstoff	Auströmgeschwind. [m · s <sup>-1</sup> ] am Boden im Vakuum	Verwendung
SEPR 630	1,5	Furalin + Salpetersäure	1860	Interceptor Sud-Aviation „Trident“
SEPR 660	1,5	flüssig	1880	—
SEPR 481	4,5	flüssig	2040	—
Aerojet Senlor Arjel	46,0	fest	2100	Scout, 1. Stufe
Thiokol Sergeant IX-33-30 Castor	30,0	fest	2200	Scout, 2. Stufe
ABLX-254 Antares	6,0	fest	—	Scout, 3. Stufe
ABLX-248 Alair	1,3	fest	—	Scout, 4. Stufe
Agema XLP 81 BA 9	7,3	unsymm. Dimethylhydrazin + Salpetersäure	—	Oberstufe für Thor und Atlas
Able Star A 3-10 118 A	3,6	unsymm. Dimethylhydrazin + Salpetersäure	—	Oberstufe für Thor-Delta
LR 79 - NA 9	≈ 75	Flüss. Sauerstoff + Kerosin	2430	Thor, 1. Stufe
LR 106 - NA 5	36,0	Flüss. Sauerstoff + Kerosin	—	Atlas, Marschtriebwerk
LR 101 - NA 7	75,0	Flüss. Sauerstoff + Kerosin	2450	Atlas, Starttriebwerke
H 1	85...90	Flüss. Sauerstoff + Kerosin	2450	Saturn I, 1. Stufe
F 1	680	Flüss. Sauerstoff + Kerosin	2550	Saturn V, 1. Stufe
RL 10	6,8	Flüss. Sauerstoff + flüss. Wasserstoff	—	Centaur u. 2. Stufe Saturn I
J 2	90,0	Flüss. Sauerstoff + flüss. Wasserstoff	4100...4200	2. Stufe Saturn I B, 2. u. 3. Stufe Saturn V
M 1	500...700	Flüss. Sauerstoff + flüss. Wasserstoff	4100	Nova

Tabelle 2: Zusammenstellung der wichtigsten technischen Daten einiger Raketentriebwerke [3], [4]

## 6. Anwendung

Die Anwendung des Vorentwurfsdiagramms wird an folgendem Beispiel erläutert:

Aufgabe: Es ist die Startmasse  $M_3^*$  einer dreistufigen Trägerrakete zu ermitteln, die eine Nutzmasse von 2,0 t auf eine polare Erdumlaufbahn in 500 km Höhe bringen soll.

Gegeben:  $N = 2,0 \text{ t}$   
 $v^* = 9,6 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  (Tabelle 1)

Gewählt:  $c = 2,4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  (Tabelle 2)

$s_1 = 13,0$   
 $s_2 = 8,0$   
 $s_3 = 7,0$  } (Tabelle 3)

Errechnung von  $s_m$ :

$$s_m = \sqrt[3]{s_1 \cdot s_2 \cdot s_3}$$
$$s_m = \sqrt[3]{13,0 \cdot 8,0 \cdot 7,0}$$
$$s_m \approx 9,0$$

Lösungsweg (im Diagramm gestrichelt markiert):

1. Waagerechte durch  $v^* = 9,6 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  (linke Ordinatenenteilung,  $n = 3$ ) legen. Von deren Schnittpunkt mit der Geraden  $c = 2,4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  aus Lot auf die Abszisse fallen.

2. Durch den Schnittpunkt des Lotes mit der Kurve  $s_m = 9,0$  Waagerechte legen und mit den Kurven  $s_1 = 13,0$  (---),  $s_2 = 8,0$  (-·-·-) und  $s_3 = 7,0$  (-·-·-) im rechten Quadranten zum Schnitt bringen.

3. Entsprechend der Lage der Schnittpunkte können innerhalb der z-Kurvenschär die Ziolkowski'schen Zahlen  $z_1 \approx 5,5$ ,  $z_2 \approx 3,4$ ,  $z_3 \approx 3,0$  abgeschätzt und auf der unteren Abszissentheilung die Teilnutzmassenverhältnisse

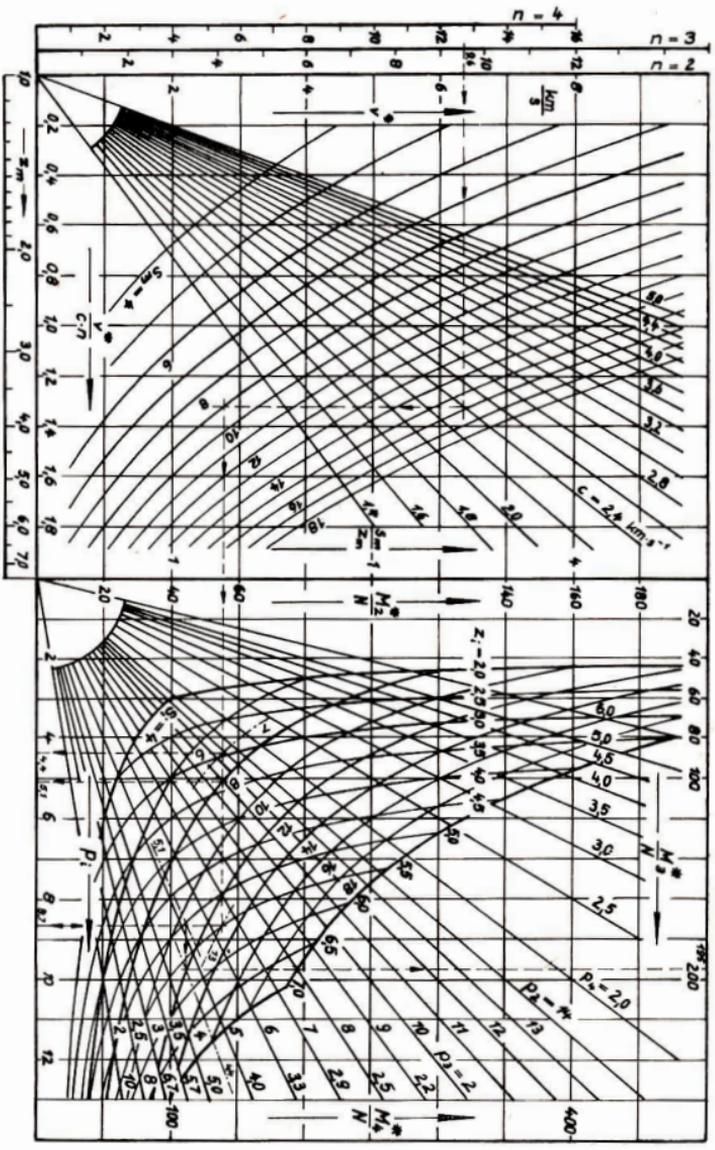
$$p_1 = 8,7 \quad p_2 = 5,1 \quad p_3 = 4,4 \text{ abgelesen werden.}$$

4. In  $p = 8,7$  auf der Abszisse Senkrechte errichten und mit der Geraden  $p = 5,1$  (---) zum Schnitt bringen; durch den Schnittpunkt Waagerechte legen. Über deren Schnittpunkt mit der Geraden  $p = 4,4$  (-·-·-) kann auf der oberen Abszissentheilung das Gesamtnutzmassenverhältnis  $\frac{M_3^*}{N} = 195$  abgelesen und mit  $N = 2,0 \text{ t}$  schließlich der Startmasse  $M_3^* \approx 390 \text{ t}$  überschlägig errechnet werden.

## 7. Zusammenfassung

Im Vorangegangenen wurde ein Vorentwurfsdiagramm entwickelt, mit dessen Hilfe die Startmasse einer Mehrstufenrakete überschlägig ermittelt werden kann. Hierzu müssen neben der Anzahl der Stufen lediglich die Auslegungsgeschwindigkeit, die Ausströmgeschwindigkeit, die Nutzmasse und die Konstruktionsfaktoren gegeben sein bzw. gewählt werden.

Unter der Voraussetzung gleicher Ausströmgeschwindigkeiten für alle Stufen erfolgt die Verteilung der Teilnutzmassenverhältnisse auf die einzelnen Unter- raketen so, daß das Gesamtnutzmassenverhältnis einen Minimalwert erreicht. Selbstverständlich sind bei der Bemessung einer Rakete neben der Forderung nach minimaler Startmasse noch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen, so daß die



Vorentwurfsdiagramm für Mehrstufenraketen (gezeichnet für  $n=2,3$  und  $4$ ).

hier zugrundegelegte ideale Massenaufteilung bei der Suche nach der geschicktesten Kompromißlösung nur in den seltensten Fällen uneingeschränkt verwirklicht werden kann. Die sich daraus ergebenden Abweichungen liegen jedoch durchaus in dem für einen Vorentwurf üblichen Bereich. Die Anwendung des Diagramms wird an einem Beispiel erläutert.

#### Literatur:

- [1] Barrere, M.; Jaumotte, A.; Veubeke, B. und J. Vandekerckhove: Raketenantriebe. Elsevier Publishing Comp., Amsterdam, London, New York und Princetown 1961.
- [2] Vertregt, M.: A method of calculating the mass-ratios of step-rockets. J. Brit. Interplanet. Soc. 15 (1956) 95.
- [3] Paetzold, H. K.; Schütte, K. und O. Scholze: Die Erforschung des Weltraums mit Satelliten und Raumsonden. Teil I. VDI-Verlag GmbH. Düsseldorf 1966.
- [4] Pawlowitsch, A.: Über die Hauptkennwerte der Flugtriebwerke. Wiss. Z. Techn. Hochsch. Dresden 9 (1959/60) 5, S. 1229-1238.
- [5] Petrone, R. A.: Bodenhilfseinrichtungen und Starteinrichtungen im Kennedy-Raumflugzentrum (NASA) für den bemannten Mondflug. 15. Int. Astronaut. Kongress, Warschau 1964. Astronomie und Raumfahrt 3 (1965) 2, S. 96-62.

## Der „Verteilersatellit“ – eine neue Entwicklungsstufe der Nachrichtensatelliten

H. D. NAUMANN

Die optimistischen Berichte, die 1965/66 zur Frage des Fernsehempfangs von Nachrichtensatelliten in der Fach- und Tagespresse erschienen, haben sich nicht bewährt. Auf dem alljährlich in Montreux (Schweiz) stattfindenden Fernseh-symposium hatte 1965 der Vertreter der Hughes Aircraft Comp. (USA), P. S. Visher, bekanntgegeben, daß seine Firma in 2–3 Jahren Nachrichtensatelliten soweit vervollkommen habe, daß von ihnen ausgestrahlte Schwarzweiß- und Farbfernsehprogramme unmittelbar mit Heimempfängern aufgenommen werden können [1]. Für den erforderlichen zusätzlichen Aufwand beim Empfänger wurden Kosten in Höhe von 400 Dollar genannt.

Inzwischen sind die Meinungen zu diesem Problem weit nüchterner geworden. In einem Bericht zum 1967er Symposium schrieb die westdeutsche Fachzeitschrift „Funkschau“ treffend: „Auf diesem Gebiet ist die Diskrepanz zwischen den Wünschen und den technischen Möglichkeiten unverändert groß“ [2].

Zweifelsohne kann die Idee des Direktempfangs nicht grundsätzlich verworfen werden, aber sie stellt nicht das Nahziel der Nachrichtensatellitentechnik dar, weil dafür heute jegliche technische Voraussetzungen fehlen. Die Entwicklung dahin wird sich vielmehr in einigen Stufen vollziehen, für deren erste Prof. Nestel 1967 in Montreux den Begriff „Verteilersatellit“ prägte [3]. Man versteht darunter einen Nachrichtensatelliten, der seine Sendungen direkt zu den Fernsehsendern, die dann mit entsprechenden Empfangsgeräten ausgerüstet werden müssen, ausstrahlt. Die bisherigen amerikanischen Nachrichtensatelliten dienen vorwiegend transozeanischen Übertragungen, wobei die Signale von Spezialbodenstationen aufgenommen und in die terrestrischen Richtfunkversorgungsnetze eingespeist werden. Ein Verteilersatellit nun macht die irdischen Richtfunklinien überflüssig, er dient ausschließlich kontinentalen Übertragungen. Ein solcher Verteilersatellit ist besonders dann ökonomisch, wenn ein Fernsehprogramm über ein größeres Territorium mit geringer Besiedlungsdichte verbreitet werden soll. Derartige Verhältnisse liegen

vor allem in der UdSSR, den USA, Kanada sowie dem afrikanischen Kontinent vor. Um ein zentrales Fernsehprogramm in alle Teile eines so riesigen Territoriums, wie es z. B. das der UdSSR darstellt, zu übertragen, wären Tausende von relativ kostspieligen Relaisstationen notwendig. Sie alle können durch einen einzigen Verteilersatelliten eingespart werden. Voraussetzung ist ein gewisser Mindestwert der Satellitensendeleistung von etwa 20 W, der einen geringeren Bodenaufwand erfordert als der für die Satelliten „Telstar“, „Early Bird“ oder „Intelsat“ notwendige. Als Maximalaufwand für Verteilersatelliten-Bodenstationen können eine Antenne von 10 bis 12 m Durchmesser sowie der Einsatz parametrischer Verstärker angenommen werden.

In einer Studie der amerikanischen Fernsehgesellschaft ABC wurde der durch Verteilersatelliten eintretende Nutzen gegenüber Richtfunklinien mit jährlich etwa 6 Mio Dollar ausgewiesen. Diese Gesellschaft versorgt 136 Fernsehsender in allen USA-Staaten. Die dazu notwendigen Richtfunklinien erfordern jährliche Aufwendungen von 12 Mio Dollar, ein Satellit würde 5,9 Mio Dollar/Jahr kosten. Von Hughes Aircraft wurde den amerikanischen Fernsehgesellschaften ein Projekt angeboten, bei dem der Satellit einschließlich Start und Betrieb über 5 Jahre 10 Mio Dollar kosten soll.

Die ökonomischen Vorteile eines solchen Satelliten werden umso geringer, je kleiner das zu versorgende Territorium ist. Man kommt gewissermaßen zu einem „Grenzterritorium“, von wo ab ein terrestrisches Richtfunknetz nicht teurer ist als ein Verteilersatellit. Dieses Grenzterritorium dürfte etwa in der Größenordnung jener Fläche liegen, die der beiden deutschen Staaten entspricht.

In einer weiteren Entwicklungsstufe wäre es denkbar, Verteilersatelliten soweit zu vervollkommen, daß ein Direktempfang mit sogenannten Ortsgemeinschaftsanlagen möglich ist. Anlagen dieser Art werden heute für die Versorgung von Ortschaften besonders in Gebirgsgebieten (Alpen) eingesetzt, die durch natürliche Hindernisse vom Empfang ausgeschlossen sind. Bei Satellitenempfang dürfte ihre

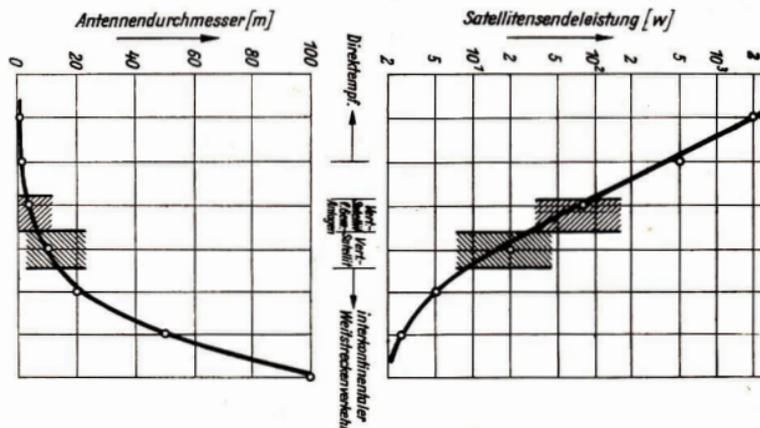


Abb. 1: Entwicklung von Satellitensendeleistung und Empfangsantennenabmessungen (unter Zugrundelegung etwaiger Daten heutiger kommerzieller Empfänger und Gewinn der Satellitenantenne von 10).

Anwendung allgemeinen Charakter annehmen und für alle Orte interessant werden, besonders im Hinblick auf die Versorgung mit weiteren Programmen. Ein für die Anwendung in dieser Ausbaustufe mitbestimmender Fakt dürfte darin zu sehen sein, daß ein solcher Satellit ein Fernsehprogramm mit Begleitton in mehreren Sprachen ausstrahlen könnte, so daß von den betreffenden Ortschaften die jeweilige Sprache ausgewählt werden könnte.

Die für solche Anlagen erforderlichen Bodenstationen dürften Antennenabmessungen von 2 bis 4 m nicht übersteigen, die Satellitensendeleistung müßte etwa 30 bis 50 W betragen. Realisierungsmöglichkeiten werden nicht vor 1975 bestehen. Erst darauf aufbauend werden Entscheidungen zur Frage des unmittelbaren Direktempfangs überhaupt möglich sein.

In Abb.1 sind unter Zugrundelegung der Parameter heutiger kommerzieller Empfänger die notwendigen Entwicklungstendenzen der Satellitensendeleistung und der davon abhängigen Antennenabmessungen am Boden dargestellt. Es handelt sich dabei um eine Grobabschätzung, auf Angabe eines Zeitmaßstabes wurde verzichtet.

### **Einige Hinweise auf Projekte**

Das dem Verteilersatelliten zugrunde liegende Prinzip stellt insofern einen neuen Entwicklungsstand der Nachrichtensatellitentechnik dar, als diese damit auch für kontinentale und nationale Belange interessant werden. Dieser Umstand darf als gewichtiger Grund dafür angesehen werden, daß die UdSSR mit Nachrichtensatelliten erst relativ spät zu operieren begann, da für sie dieser Typ erst in Form des Verteilersatelliten interessant und vor allem ökonomisch wurde.

Das System MOLNIJA-ORBITA kann bereits als ein derartiges Verteilersatellitensystem betrachtet werden. Die ORBITA-Stationen nehmen die Signale von den Satelliten auf und leiten sie an meist bereits vorhandene Regionalsender weiter. Sie werden vor allem in jenen Gebieten der UdSSR aufgebaut, die bisher nicht für den Fernsehempfang erschlossen waren bzw. nur regionale Sendungen ausstrahlten, auf Grund der großen Entfernungen und des damit bedingten Aufwandes jedoch nicht an das zentrale sowjetische Fernsehen angeschlossen waren. Zum 50. Jahrestag der Oktoberrevolution wurden 20 Stationen in Betrieb genommen, wodurch etwa 20 Millionen weitere Bürger der UdSSR an das Moskauer Fernsehen angeschlossen wurden.

Die ORBITA-Stationen besitzen 12 m Parabolspiegel, die etwa 5,5 t wiegen. Beachtenswert ist – wie aus veröffentlichten Fotos hervorgeht – die Freiraumaufstellung (im Gegensatz zu den Radom-Schutzkapseln der westlichen Anlagen). Dies ist umso bemerkenswerter, als ORBITA-Stationen in den unterschiedlichsten Klimazonen zum Einsatz kommen. In der Tabelle sind einige bekannt gewordene Daten der ORBITA-Stationen angegeben und zum Vergleich die analogen Werte der westdeutschen Bodenstation Raisting.

Pläne für Verteilersatelliten liegen bisher außerdem von Kanada, den USA, Frankreich und Westdeutschland vor. Der Plan der amerikanischen Fernsehgesellschaft ABC wurde bereits erwähnt. Ein ähnliches Vorhaben beabsichtigt die kanadische CANADIAN BROADCASTING CORP., die ihre teuren Richtfunkstrecken durch einen Verteilersatelliten ersetzen will. In Kanada sind riesige Landstriche so wenig besiedelt, daß eine Programmzuführung durch Richtfunkstrecken aus ökonomischen Gründen völlig unmöglich ist.

Zu den Verteilersatelliten sind von der Leistungsfähigkeit und der Zielstellung her auch das französische Projekt SAROS sowie der geplante westdeutsche „Olympia-Versuchssatellit“ zu zählen, die inzwischen zu dem gemeinsamen Projekt

	Orbita-Station	Station Raisting
Prinzip	Parabel	Cassegrain mit Hornparabel
Durchmesser	12 m	25 m
Brennweite	3 m	6,5 m
Masse d. Antenne	5,5 to	250 t
Aufstellung	frei	unter Radom
Zulässige Umgebungsbedingungen		
Temperatur	-50 °C... +50 °C	} geschützt durch Radom
Windgeschw.	25 m/sec	

**Tabelle: Vergleich einiger Daten der ORBITA-Bodenstationen mit denen der west-deutschen Nachrichtensatelliten-Bodenstation in Raisting**

SIMFONIE vereint wurden. Dieser Satellit soll 1970 von Französisch-Guyana aus mit der ELDO-Rakete EUROPA II gestartet werden.

### Schlußbemerkung

Anwendungssatelliten werden in den nächsten Jahren einen weit größeren Anteil der Raumfahrtprojekte ausmachen als bisher. Die Entwicklung der Nachrichtensatelliten dürfte dabei mehr und mehr auch auf nationale Anwendungen hinzielen, wodurch der weitere Ausbau der transozeanischen Strecken nicht geschmälert wird. Dem Typ des Verteilersatelliten wird in den nächsten 10 Jahren zweifellos größere Aufmerksamkeit geschenkt werden, da er eine ökonomisch erstrebenswertere und für die nächsten Entwicklungsstufen der Nachrichtentechnik bedeutungsvollere Ausbaustufe darstellt als das Problem des Direktempfangs.

### Literatur:

- [1] Naumann, H. D.: *Astronomie u. Raumfahrt*, (1966), H. 2, S. 33/34. - [2] K. T.: *Funkschau*, 39 (1967), H. 12, 361. - [3] O. V.: *Funkschau*, 39 (1967), H. 12, S. 943

## Neuer Mondatlas

Mit Unterstützung des Vorstandes der Wilhelm-Foerster-Sternwarte haben Adolf Voigt und Hans Giebler einen neuen Mondatlas, der sich Berliner Mondatlas nennt, herausgegeben. Es handelt sich um einen fotografischen Atlas. Sämtliche ihm zugrunde liegenden Aufnahmen wurden im Fokus des 12"-Bamberg-Refraktors der Wilhelm-Foerster-Sternwarte in West-Berlin gewonnen.

Der Mondatlas will vor allem dem Amateurbeobachter ein Hilfsmittel in die Hand geben, das ihm das Zurechtfinden in dem insbesondere den Laien bzw. den Anfänger oft verwirrenden Fernrohrbild erleichtert. Die Mondaufnahmen wurden daher als Einzelblätter und in handlichem Format herausgegeben, so daß sie sich beim Beobachten bequem unmittelbar am Fernrohr handhaben lassen. Besonders wertvoll erscheinen die Phasenaufnahmen mit bis zu den schmalsten Mondschein reichenden Lichtgestalten. Dadurch erleichtert der Atlas nicht allein das Erkennen von einzelnen Objekten, sondern auch das Verfolgen der durch den wechselnden Lichteinfall hervorgerufenen ständigen Veränderungen des Anblicks der einzelnen Mondformationen. Insgesamt enthält der Atlas 107 Bildblätter, davon widmen sich 31 Blätter den Mondphasen in ganzer Gestalt. Von 25 Phasen werden die Terminatorlandschaften in je drei Teilen und in weiterer dreifacher Vergrößerung nochmals abgebildet. Die Rückseiten enthalten außerdem physische Daten, wie Lage des Terminators, Mondalter und Libration der jeweils abgebildeten Mondphase.

Besonders wertvoll erscheint mir auch, daß auf einer Vollmondaufnahme die Objekte des „Berliner Systems“, das der einheitlichen Beobachtung von Schattenantritten und -austritten dient, namentlich gekennzeichnet und auf der Rückseite mit ihren selenographischen Koordinaten benannt sind.

Alles in allem ist hier ein neues Werk erschienen, zu dem man den Autoren und der West-Berliner Wilhelm-Foerster-Sternwarte Glück wünschen kann.

HERBERT PFAFFE

## NEUE BÜCHER

### Zu neuen Horizonten

Nach zehn Jahren aktiver Raumfahrt ist bei vielen Menschen, insbesondere aber bei der Jugend, das Interesse an den wissenschaftlichen Ergebnissen der Raumfahrt, den Gegenständen ihrer Forschung und ihren Grundlagen wach geworden. Das neue Buch von Heinz Mielke gibt einen reichhaltigen Überblick über die Atmosphärenforschung, über die Meteorologie und Geophysik, über astronomische Grundlagen und Forschungsergebnisse und weckt das Verständnis für die Probleme der Raumfahrt. Dabei behandelt es auch die Vorstufen des menschlichen Vordringens in den Weltraum mit unbemannten und bemannten Raumflugkörpern. Hierbei wurde besonders die Erforschung der Erdatmosphäre mit Höhenforschungsraketen berücksichtigt.

Technischerseits gibt das Buch eine kurzgefaßte Einführung in die Grundlagen der Raketentechnik. Das recht populär gehaltene Buch, das durch eindrucksvolle Photos und zum Teil recht anspruchsvolle Grafiken illustriert ist, ist allen zu empfehlen, die sich mit den Grundlagen der heute weitgehend von der Raumfahrt beeinflussten Wissensgebiete vertraut machen wollen. Der Verlag hat sich erfolgreich um eine ansprechende Aufmachung und Ausstattung des Werkes bemüht.

HERBERT PFAFFE

Heinz Mielke: **Zu neuen Horizonten**, Transpress-Verlag für Verkehrswesen Berlin 1967, 328 S.

### Himmelswunder im Feldstecher

Genau 360 Jahre nachdem der holländische Brillenschleifer Johann Lippershey das Fernrohr erfand, er nannte es damals noch Instrument, um ferne Dinge nahe zu sehen, erscheint die 8. Auflage des Titels Himmelswunder im Feldstecher. Wenn wir die Qualitäten dieses ersten Fernrohrs und eines heutigen modernen Feldstechers vergleichen, so fallen die Entscheidungen doch wesentlich zugunsten des letzteren aus.

Wenn auch Galilei etwa ein Jahr später mit einem fast gleichen Instrument eine 30fache Vergrößerung erzielte und damit erste instrumentell bedingte aufsehenerregende astronomische Entdeckungen gemacht hat, so wiegt der moderne Feldstecher, dem nicht das galileische, sondern das keplersche Fernrohrprinzip zugrunde liegt, seine geringere Vergrößerung durch überlegene Bildhelligkeit bzw. Lichtstärke und hervorragende optische Qualitäten auf.

Von der grundlegenden Erkenntnis ausgehend, wonach jedes astronomische Beobachtungsinstrument „seinen Himmel“ hat, beweist die neue Auflage der Himmelswunder im Feldstecher wiederum überzeugend, daß die astronomische Beobachtung mit dem Feldstecher und ähnlichen kleinen fast überall erreichbaren Instrumenten sehr lohnend ist. Seit der ersten Auflage hat sich auf dem Gebiete der Astronomie sehr viel ereignet, und vor allem in den letzten Jahren ist der Feldstecher in immer größerem Maße zum unentbehrlichen Helfer bei der optischen Satellitenbeobachtung hellerer Objekte dieser Art geworden, ganz abgesehen davon, daß er auch in der Vergangenheit bei Kometenentdeckungen sowie Entdeckungen und Beobachtungen von Novae und Supernovae gute Dienste geleistet hat.

Das Buch von Brandt ist wiederum so angelegt, daß es neben der Beobachtungsanleitung auch einen guten Querschnitt durch den Kosmos vom Mond bis zu den extragalaktischen Systemen gibt. Besonders wertvoll erscheint die Anleitung zur Selbstherstellung optischer Zusatzgeräte zum Feldstecher, insbesondere des Vorsatzfernrohres. Eine Auswahl von Objekten, die für den Feldstecher besonders geeignet erscheinen, ergänzt das Buch und macht es zusammen mit dem übrigen Inhalt zu einem guten Leitfaden der astronomischen Beobachtung und der Einarbeitung in die astronomische Beobachtungspraxis.

HERBERT PFAFFE

Rudolf Brandt: **Himmelswunder im Feldstecher**. Johann-Ambrosius-Barth-Verlag, Leipzig 1968. 136 S., 123 Abb., kartoniert 6,- M.

**Astronomie und Raumfahrt**

53 31052

Heinrich  
Maximilianstr. 10

5/B



# Astronomie und Raumfahrt

## Inhalt

	Seite
Einige astronomische Ergebnisse der Raumfahrt in den letzten Jahren · <i>Karl-Heinz Neumann</i> . . . . .	65
Abkommen über Hilfeleistung für Kosmonauten und Bergung von Weltraumflugkörpern · Prof. Dr. jur. habil. <i>Gerhard Reintanz</i> . . . . .	75
Bildseiten . . . . .	79—82

### Aus der Literatur

Meteoritenkrater in der Sahara entdeckt — Aufflammende Sterne — Meteoritenfund in der UdSSR — Neue britische Nachrichten-Satelliten-Bodenstation — Das größte vollbewegliche Radioteleskop der Erde . . . . .	78—83
Abtastgerät zur kartographischen Erfassung des Mondes . . . . .	84
Militärisches Satelliten-Nachrichtennetz der USA — Neue Definition der Sekunde — Über den Endzustand der Sternentwicklung — Zum Flug von „Kosmos 215“ . . . . .	85
Astronomische Schnellnachrichten . . . . .	87

### Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Vierteljahr 1968 · <i>Erich Schütz</i> . . . . .	87
---	----

### Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Automatische Bildübertragung von Wettersatelliten · <i>Hans-Dieter Naumann</i> . . . . .	88
Anwendungsmöglichkeiten der Bionik in der Weltraumfahrt · <i>Hans-K. Remane</i> . . . . .	94
Die Druckschriften des Zeiss-Planetariums in Jena . . . . .	3. Umschlagseite

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pflaue, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Rühle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11–12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1967 mit 6 Heften. Bezugspreis einschl. Zustellgebühr 9,00 MDN. Einzelheft 1,50 MDN. 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, Halle (S.), Geiststraße 22

# Einige astronomische Ergebnisse der Raumfahrt in den letzten Jahren

KARL-HEINZ NEUMANN

Im Laufe der letzten Jahre – vor allem bei den Cospar-Tagungen 1966 in Wien und 1967 in London – sind von seiten der Sowjetunion als auch von seiten der USA eine Reihe von Ergebnissen bestimmter Raumfahrtunternehmungen bekannt geworden, die neue Erkenntnisse bezüglich astronomischer und astrophysikalischer Forschung beinhalten.

Naturngemäß ist es schwierig, zwischen astrophysikalischer bzw. astronomischer Forschung und andererseits geophysikalischer Forschung scharfe Grenzen zu ziehen. In dieser Hinsicht mag es deshalb in dem folgenden Beitrag einige Überschneidungen geben. Sämtliche Ergebnisse hinsichtlich des Magnetfeldes der Erde, der Einwirkungen solarer Partikelströmung bzw. elektromagnetischer Strahlung der Sonne auf die Magnetosphäre der Erde sowie die physikalischen Verhältnisse der Hochatmosphäre der Erde sind deshalb in diesem Beitrag bewußt ausgelassen worden. Das gleiche trifft auch auf die primäre kosmische Strahlung, die zwar ihren Ursprung im interstellaren Raum hat, aber in ihren Auswirkungen die Erde bzw. die Erdatmosphäre betrifft, zu. Soviel zur Einleitung.

Die hier kurz beschriebenen Ergebnisse sollen im wesentlichen den Zeitraum seit dem Jahre 1965 beinhalten, wobei wegen der Vielfalt der Erkenntnisse es in diesem Rahmen nicht möglich ist, eine Vollständigkeit in der Darstellung zu erreichen. Es soll auch darauf verzichtet werden, wissenschaftliche Ergebnisse, die in allgemeinen Presseveröffentlichungen bereits bekannt sind, zu wiederholen, soweit nicht darüber hinausgehende exaktere wissenschaftliche Veröffentlichungen vorliegen.

Die folgende zusammenfassende Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse gliedert sich in folgende Hauptgebiete:

- I. Untersuchungsergebnisse bezüglich des Mondes
- II. Untersuchungen bezüglich der Mikrometeoritenhäufigkeit
- III. Untersuchungen der Verteilung des Wasserstoffgases im interplanetaren Raum
- IV. Radioastronomische Untersuchungen im interplanetaren Raum
- V. Untersuchungen der UV-Strahlung der Sonne
- VI. Untersuchungen der Röntgenstrahlung der Sonne
- VII. Untersuchungen der UV- bzw. Röntgenstrahlung von stellaren Objekten

## **I. Untersuchungsergebnisse bezüglich des Mondes**

Der erste auf dem Mond weich gelandete Raumflugkörper war die sowjetische Sonde Luna 9. Über die Ergebnisse dieses Raumflugunternehmens wurde in unserer Zeitschrift ausführlich berichtet. Es erscheint deshalb angebracht, mit der Berichterstattung über die Ergebnisse der astronautischen Forschung mit dem ersten künstlichen Satelliten des Mondes, der sowjetischen Sonde Luna 10, zu beginnen.

An Bord dieses Mondsatelliten, der nach Erreichen seiner Mondumlaufbahn von dem Antriebsteil getrennt wurde, waren folgende wissenschaftlichen Instrumente installiert:

1. Ein Gammastrahlungsspektrometer zur Messung der von der Mondoberfläche ausgehenden Gammastrahlung und der spektralen Zusammensetzung dieser Strahlung.
2. Ein Zähler zur Messung der solaren Korpuskularstrahlung, der kosmischen Strahlung und der weichen Elektronen in Mondnähe. Damit sollte festgestellt werden, ob der Mond eine Ionosphäre besitzt, und zum anderen sollten die in dem magnetischen Schweif der Erde eingefangenen Elektronen untersucht werden.
3. Vier Ionenfallen zur Messung des totalen Flusses der solaren Ionen, der Ionen einer evtl. Mondionosphäre und der in der Magnetosphäre der Erde eingefangenen Ionen.
4. Piezoelektrische Detektoren zur Untersuchung von Mikrometeoriten. Diese Detektoren waren für Teilchen von mehr als  $7 \cdot 10^{-8}$  Gramm bei einer Geschwindigkeit von größer als 15 km/sec bestimmt. Ferner war  $1,2 \text{ m}^2$  der Oberfläche dieses ersten Mondsatelliten als akustischer Detektor für den Aufprall von Mikrometeoriten eingerichtet.
5. Infrarotdetektoren, die die integrale Wärmestrahlung der Mondoberfläche bestimmen sollten.
6. Zählgeräte für die weiche Röntgenstrahlung der Mondoberfläche. Theoretisch vorausgesagt waren hier Protonen, die aus einer Röntgenstrahlungsfluoreszenz des Mondgesteins entstehen.
7. Ein Magnetometer zur Bestimmung eines Magnetfeldes in der Nähe des Mondes.

Die gleiche Instrumentierung trug der sowjetische Mondsatellit Luna 11. Zusätzlich war hier ein Meßinstrument zur Bestimmung der langwelligen galaktischen Radiostrahlung installiert.

Die Bahnverfolgung der sowjetischen Mondsatelliten Luna 10 bis 12 sollte Informationen über das Gravitationsfeld des Mondes geben. Die erste Auswertung der Ergebnisse zeigte, daß die Anomalien des Magnetfeldes, die auf bestimmte Abweichungen der Mondgestalt von einer idealen Kugel zurückgeführt werden, relativ klein sind. Sie betreffen vor allem die ständig der Erde abgewandte Seite des Mondes.

Einen Überblick ermöglichte die aus den Bahnänderungen der ersten drei sowjetischen Mondsatelliten abgeleitete Gestalt des Mondes. Die realen Werte der Abweichungen von der Kugelgestalt betragen kaum mehr als 60 m.

Die Untersuchungen des Magnetfeldes des Mondes waren gekennzeichnet durch die relative Stellung des Mondes zur Erde. Infolge des magnetischen Schweißes der Erde, der bis mindestens 60 Erdradien Abstand noch nachweisbar ist, entsprachen die nahe der Vollmondphase gewonnenen Meßwerte keineswegs den Verhältnissen im mondnahen Raum. Trotzdem konnte mit Luna 10 nahe der Neumondphase ein magnetisches Feld festgestellt werden, das um ein mehrfaches größer war, als das durch die bisherigen interplanetaren Sonden in diesem Raum festgestellte ungestörte Magnetfeld. Zur Deutung dieses Phänomens wurden Theorien aufgestellt, die in einem Falle ein deformiertes interplanetares Magnetfeld voraussetzen, und zum anderen die Möglichkeiten theoretisch zu deuten versuchen, daß der Mond in der Lage wäre, lokale interplanetare Magnetfelder „einzufangen“. Leider liegt nur

eine Meßperiode (für die Zeit um den 20. 4. 1966) nahe der Neumondphase vor. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, daß ein durch eine solare Partikelwolke mitgeführtes lokales Magnetfeld zu diesem Zeitraum den mondnahen Raum passierte. Der Einfluß des magnetischen Schweifs der Erde wurde bei zwei Vollmondpassagen am 5. 4. und am 4. 1966 eindeutig nachgewiesen.

Die Untersuchungen während der Phase, in der sich der sowjetische Mondsatellit Luna 10 im Magnetischweif der Erde befand, bezogen sich darauf, als erstes den Partikelfluß im magnetischen Schweif der Erde in Mondentfernung zu messen und zweitens Untersuchungen auszuführen, ob nahe des Mondes eine „Restionosphäre“ vorhanden ist.

Für diese Untersuchungen waren vier Teilchenfallen jeweils diametral an diesem Mondsatelliten angebracht. Zwei dieser Teilchenfallen waren empfindlich für Ionen und Elektronen im Bereich zwischen 50 bis 70 eV, und mit den beiden anderen sollten die Ionen und Elektronen der Mondionosphäre untersucht werden. Die Ergebnisse sind kurz zusammengefaßt folgende: Während des Durchfliegens des magnetischen Schweifs der Erde zeigten zwei der Ionenfallen nur negative Teilchen, also Elektronen an. Die Energien dieser Elektronen lagen oberhalb 70 eV. Nach dem Verlassen des magnetischen Schweifs der Erde konnte festgestellt werden, daß plötzlich beinahe nur positive Teilchen, also Ionen, auftraten.

Der Ionenfluß betrug dabei  $1 \text{ bis } 5 \cdot 10^8$  Teilchen/cm<sup>2</sup> und sec. Da dieser Ionenfluß an beiden Fallen gleichzeitig gemessen wurde, kam man zu der Schlußfolgerung, daß der Fluß dieser Teilchen im mondnahen Raum in den verschiedensten Richtungen erfolgt.

Die beiden anderen Fallen ergaben eine Konzentration von 100–300 Teilchen/cm<sup>3</sup>. Die Resultate sind allerdings unsicher, die Ergebnisse können möglicherweise durch Photoelektronen sowie Ionen höherer Energie aus dem interplanetaren Raum verfälscht sein. Man ist der Ansicht, daß die registrierten Teilchen nicht einer Mondionosphäre angehören. Die oben genannten Konzentrationen von Teilchen erscheinen außerdem zu hoch.

Die Gasentladungszähler konnten während des Aufenthalts im magnetischen Schweif der Erde einen Fluß niederenergetischer Teilchen registrieren. Es wurde ferner das Albedo der primären kosmischen Strahlung des Mondes gemessen. Im Höhenbereich zwischen 400 und 1000 km beträgt das Albedo etwa 13 Prozent.

Sowohl bei Luna 10 als auch den beiden nachfolgenden sowjetischen Mondsatelliten erfolgten Messungen der von der Mondoberfläche ausgehenden Röntgenstrahlung. Es handelt sich hier im wesentlichen um eine Fluoreszenzstrahlung, die durch die solare Röntgenstrahlung erzeugt wird. Die Reemission von Silizium-, Aluminium- und Magnesiumatomen erfolgt in charakteristischen Linien bei 7,8 und 10 Å. Durch derartige Messungen ist es im Prinzip möglich, die Mineralstruktur des Mondbodenoberflächenmaterials zu bestimmen.

Die Untersuchungsergebnisse der sowjetischen Mondsatelliten weisen ferner eine Reihe von Elektronenströmen solaren Ursprungs mit Energien im Bereich von einigen 10 keV nach. Desgleichen konnten derartige Ströme im irdischen Magnetischweif beobachtet werden.

Luna 10 war ferner mit einem Gammastrahlungsspektrometer ausgerüstet. Die gleiche Apparatur war mit Kosmos 60 in einer Erdsatellitenbahn erprobt und kalibriert worden. Die Meßergebnisse ergaben folgendes:

1. Die integrale Gammastrahlung entspricht oder übersteigt etwas die des irdischen Gesteins. Ihre Intensität beträgt etwa 20 bis 30 Mikroröntgen pro Stunde.

2. Etwa 90 Prozent der Röntgenstrahlung entsteht durch Wechselwirkung der solaren Röntgenstrahlung mit dem Gestein der Mondoberfläche. Nur rund 10 Prozent rührt von der natürlichen Radioaktivität des Mondmaterials her.
3. Eine Analyse der Spektren ergab, daß bestimmte „Spitzen“ auftraten, die durch die Elemente Sauerstoff, Magnesium, Aluminium und Silizium hervorgerufen wurden. Daneben waren noch die „Spitzen“ der radioaktiven Zerfallsprodukte in den Spektren nachweisbar.
4. Bei den Zerfallsprodukten handelt es sich um Kalium, Thorium und Uran.
5. Ein Vergleich dieser aus dem radioaktiven Zerfall herrührenden Gammastrahlung mit den auf der Erde gewonnenen Kalibrierungswerten deutet auf ähnliche Verhältnisse wie auf der Erde. Es konnte festgestellt werden, daß das Mondgestein sowohl basisch als auch ultrabasisch ist.
6. Ein Vergleich der über Mare oder Gebirgs-, bzw. Kratergebenden gewonnenen Spektren weist darauf hin, daß es sich bei den Mare im wesentlichen um basisches Gestein, also Basalt, handelt. Die Gebirgs- und Kratergebenden dagegen bestehen fast ausnahmslos aus ultrabasischem Gestein.

Bei Luna 12 wurde als Besonderheit noch eine Kamera verwendet, die aus dem Höhenbereich von 100 bis 340 km Bilder ausgewählter Gebiete der Mondoberfläche aufgenommen hat. Die Übertragung dieser Bilder erfolgte mit 1100 Linien pro Bild.

Auch die Messung von Mikrometeoriten erfolgte mit allen drei sowjetischen Mondsatelliten. Luna 10 z. B. besaß piezoelektrische Sensoren, die in der Lage waren, Teilchen bis zu  $7 \cdot 10^{-8}$  Gramm Masse bei einer minimalen Geschwindigkeit von 15 km/sec zu registrieren. Außerdem besaß dieser Satellit akustische Sensoren, die eine Fläche von 1,2 m<sup>2</sup> ausmachten. In der Zeit vom 3. 4. bis 29. 5. 1966 waren diese Meßinstrumente zu bestimmten Zeitabschnitten in Tätigkeit. Die Gesamtzeit, in der mit dieser Apparatur die Registrierung von Mikrometeoritenaufschlägen erfolgte, betrug 13<sup>h</sup>32<sup>m</sup>. Dabei konnten insgesamt 247 Aufschläge registriert werden. Diese Zahl entspricht etwa  $4 \cdot 10^{-3}$  Aufschlägen/sec und m<sup>2</sup>. Damit ist die durch Luna 10 festgestellte Mikrometeoritenhäufigkeit in Mondnähe um etwa 2 Größenordnungen intensiver als im interplanetaren Raum. Es war keine Einheitlichkeit oder Gleichmäßigkeit bezüglich des Raumes um den Mond und der verschiedenen Höhenbereiche über der Mondoberfläche festzustellen. Die Schwankungen in der Häufigkeit machten ein bis zwei Größenordnungen aus. Besonders eindeutig schien sich hier eine Höhenabhängigkeit auszuprägen. Die Messungen wurden als real angesehen. Weitere Experimente müssen zeigen, ob nicht gerade zu diesem Zeitraum Erde und Mond eine Staubwolke durchquert haben, die diese höhere Meteoritenintensität erzeugt hat. Die Untersuchungsergebnisse mit Luna 12 ließen sich nicht als Vergleichswerte heranziehen, da dieser Mondsatellit in der Zeit vom 12. 10. bis 7. 12. 1966 meist während des Auftretens von Sternschnuppenschwärmen in Tätigkeit war. Die Abschirmung durch die Mondoberfläche war fast ständig sehr gering.

Kurz zusammengefaßt die Meßergebnisse der zweiten auf dem Mond gelandeten Sonde Luna 13: Mit Hilfe des Strahlungsdichtemessers konnte ein spezifisches Gewicht des Oberflächenmaterials im Landegebiet von 0,8 Gramm pro cm<sup>3</sup> gemessen werden. Das Meßgerät zur Festigkeitsmessung des Mondbodenmaterials bestand aus einem stabförmigen Indikator aus Titan von 35 mm Durchmesser und einer Spitze, die einen Winkel von 103 Grad hatte. Um diesen Indikator in den Mondboden zu treiben, arbeitete ein kleines Feststofftriebwerk für 0,8 Sekunden und entwickelte einen Schub von 6,7 kp. Der Indikator drang 45 mm in den Mondboden ein. Man kommt also zu dem Ergebnis, daß das Oberflächenmaterial im Landegebiet schwach zusammengebackenes körniges Material mit geringem spezifischen Gewicht ist.

Mit Hilfe des Gasentladungszählers wurde festgestellt, daß die Mondoberfläche 25 Prozent der einfallenden Partikel der kosmischen Strahlung reflektiert. Die geringe eigene Radioaktivität des Mondbodens konnte — wie schon mit Luna 9 und dem Mondsatelliten Luna 10 festgestellt — bestätigt werden.

Von dem Flug der sowjetischen Sonde 3 ist bekannt, daß bei dem Vorbeiflug an der Mondoberfläche in einem Abstand von rund 10 000 km 25 Aufnahmen der Mondrückseite gemacht wurden und zur Erde übertragen worden sind. Das Auflösungsvermögen der Bilder betrug 5 km, deshalb konnten rd. 3500 Formationen des bis dahin noch unbekanntem Teils der Mondrückseite katalogisiert und in einer Karte zusammengestellt werden.

Wenig bekannt sind die photometrischen Vermessungen ausgewählter Gebiete, die ebenfalls mit diesem Raumflugkörper unternommen worden sind. Dabei konnten Helligkeitsänderungen verschiedener Formationen unter verschiedenen Betrachtungswinkeln bei gleichem Einfallswinkel der Sonnenstrahlung festgestellt werden. Diese Helligkeitsänderungen sind im wesentlichen auf Detailstrukturen zurückzuführen. Außerdem erkannte man, daß das Albedo keinesfalls gleichmäßig auf der Mondoberfläche ist. Interessant sind ferner spektralphotometrische Messungen im Wellenlängenbereich von 3 bis 4 Mikron. Das Auflösungsvermögen der erhaltenen Spektren betrug 0,07 Mikron. Vermessen wurde jeweils ein Feld von  $60 \times 7$  Bogenminuten. Schwefel-Blei-Photozellen tasteten das Spektrum in jeweils 20 Sekunden in jeweils vier überlappenden Bereichen ab. Die gesamte von der Sonde aus sichtbare Mondoberfläche wurde nacheinander vermessen. Simultan zu den einzelnen Messungen sind die jeweils zugehörigen Gebiete im roten Spektralbereich bei den Wellenlängen 6000 bis 7500 Å fotografisch aufgenommen worden. Es konnte festgestellt werden, daß das Albedo in dem genannten Wellenlängenbereich bei etwa 0,75 liegt, mit einem schwachen Maximum bei etwa 3,7 Mikron. Damit sind die Reflexionseigenschaften für diesen Bereich 5- bis 6fach größer als im sichtbaren Spektrum.

Daneben wurden UV-Spektren aufgenommen, die zeigten, daß im Bereich von 1900 bis 2750 Å das Albedo nur 1 bis 1,5 Prozent ausmacht. Das dafür typische Spektrum zeigt im Bereich von 2450 Å ein Minimum, welches wahrscheinlich durch Luminiszenzerscheinungen hervorgerufen wird. Für verschiedene Areale der Rückseitenoberfläche unterscheiden sich die einzelnen Spektren in ihrer Helligkeitsverteilung um 10 bis 50 Prozent.

Ein Vergleich der Reflexionseigenschaften der Mondoberfläche mit irdischem Gestein zeigt kein vergleichbares Material. Das bedeutet natürlich nicht, daß die chemische Zusammensetzung des Mondbodenmaterials sich grundsätzlich von der des irdischen Gesteins unterscheidet. Die Unterschiede sind auf die Vakuumeinflüsse, denen die Mondoberfläche ausgesetzt ist, zurückzuführen. Dazu kommt die ständige Einwirkung des solaren Windes, die harte Korpuskularstrahlung, die ungeschwächte elektromagnetische Strahlung in ihrem gesamten Spektrum sowie die Einwirkung von Mikrometeoriten.

Über die Ergebnisse der amerikanischen Surveyor-Sonden sowie über die bildmäßigen Ergebnisse der Lunar-Orbiter-Serie soll in einem gesonderten Beitrag berichtet werden. Es sei hier nur erwähnt, daß die chemischen Analysen des Mondbodenmaterials die Ergebnisse des sowjetischen Mondsatelliten Luna 10 bestätigt haben. Auch die Festigkeitsmessungen entsprechen den Ergebnissen, die bereits mit Luna 13 gewonnen worden sind. Der einzige Widerspruch, den es zwischen den sowjetischen und den amerikanischen Untersuchungsergebnissen gibt, besteht in der Mikrometeoritenhäufigkeit im mondnahen Raum. Die amerikanischen Satelliten der Lunar-Orbiter-Serie stellten fest, daß die Meteoritenhäufigkeit fast genau

der des erdnahen kosmischen Raumes entspricht. Auch die vom Mondboden ausgehende radioaktive Strahlung wurde durch die amerikanischen Mondflugkörper in der gleichen Größenordnung festgestellt, wie sie die sowjetischen Mondflugkörper gemessen hatten. Bei amerikanischen Ballon-Teleskopaufstiegen sowie durch den Start einer Höhenforschungsrakete vom Typ Aerobee am 27. 11. 1966, die ebenfalls mit einer Meßapparatur zur Bestimmung des vom Mond reflektierten infraroten Spektrums im Bereich zwischen 8,5 und 22,5 Mikron ausgerüstet war, ergaben sich die gleichen Meßergebnisse wie die der schon genannten sowjetischen Mondflugkörper.

## II. Untersuchungen bezüglich der Mikrometeoritenhäufigkeit

Besonders interessant sind hier die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse der USA. 1965 wurden drei PEGASUS-Satelliten (astronomische Bezeichnung 1965-09 A, 1965-39 A und 1965-60 A) zur Untersuchung der Mikrometeoritenhäufigkeit im erdnahen Raum eingesetzt. Man verwendete auf zwei großen Flächen Detektoren, die das Durchschlagen einer bestimmten Wandstärke registrierten. Es konnten mehr als 1000 solcher Durchschläge festgestellt werden. Die Ergebnisse sind kurz zusammengefaßt folgende: Bei einer Wandstärke von 0,4 mm ergaben sich 0,00487 Durchschläge pro m<sup>2</sup> und Tag. Bei 0,2 mm Wandstärke waren es 0,0209 Durchschläge pro m<sup>2</sup> und Tag und schließlich bei einer Wandstärke von 0,038 mm ergab sich der Wert von 0,188 Durchschlägen pro m<sup>2</sup> und Tag. Das sind allerdings die reinen Meßwerte, wobei die Abschirmung des Erdkörpers nicht berücksichtigt ist. Während PEGASUS 1 seit einiger Zeit keine brauchbaren Daten mehr zur Erde sendet, waren die beiden Nachfolgesatelliten 1967 noch in Funktion. Die Meßwerte stehen in guter Übereinstimmung mit den vorangegangenen amerikanischen Mikrometeoriten-Satelliten Explorer 16 und 23. Die Werte stimmen außerdem mit den vor dem Zeitalter der aktiven Raumfahrt aus dem Zodiakallicht berechneten Häufigkeiten der Mikrometeoriten überein. Amerikanische Wissenschaftler haben festgestellt, daß die bei ihnen verwendeten akustischen Detektoren für den Aufprall von Mikrometeoriten eine 10<sup>4</sup>mal größere Flußzahl dieser Teilchen ergeben hatte. Die festgestellten Werte zeigten, daß pro Tag rund 100 bis 300 Tonnen meteoritische bzw. mikrometeoritische Materie auf die Erde einströmt.

Bei den bemannten Raumflugunternehmen Gemini 9 und Gemini 12 hatte man Fallen für meteoritische Partikel angebracht, die nach Abschluß des Experimentes von den Astronauten geborgen und zur Erde zurückgebracht worden waren. Als sicher kosmischen Ursprungs konnte man nur ein einziges Teilchen, welches zwei äußerst dünne Nitrozellulosefilme durchschlagen hatte, chemisch nachweisen.

Im Rahmen des sogenannten Luster-Projekts hatten die USA schon 1965 Experimente für den Einfang von Mikrometeoriten durch entsprechende Fallen, die mit Ballons bzw. auch mit Höhenraketen in bestimmte Höhen transportiert worden waren, durchgeführt. Die als Ergebnis dieses Luster-Projekts publizierten Meßwerte über die Dichte und Häufigkeit von Mikrometeoriten haben sich inzwischen als zu hoch erwiesen. Zum Teil zeigten gleichartige Fallen, die in sogenannten staubfreien Räumen auf der Erdoberfläche exponiert worden waren, mehr Teilchen als diejenigen, die mit Raketen in Höhen von über 150 km transportiert worden waren. Bei einem einzigen Test z. B. konnte von 58 eingefangenen Teilchen nur eines als wahres Mikrometeoritenteilchen identifiziert werden, denn es zeigte — wie die exakte Untersuchung ergab — die durch die Einwirkung der primären kosmischen Strahlung hervorgerufene Zerstörung der Kristallstruktur. Die Hauptschwierigkeiten bei diesen Experimenten waren technischer Natur; es ist nicht möglich gewesen, die sogenannten staubfreien Räume von Teilchen mit Durchmesser kleiner als 5 Mikron freizuhalten.

### III. Untersuchungen der Verteilung des Wasserstoffgases im interplanetaren Raum

Die beiden sowjetischen interplanetaren Sonden Venus 2 und Venus 3 besaßen Meßapparaturen, mit denen die vom interplanetaren Wasserstoffgas gestreute UV-Strahlung untersucht werden konnte. Das Meßinstrument von Venus 2 war für den Bereich von 1050 bis 1340 Å empfindlich. Das Instrument von Venus 3 besaß zwei Empfindlichkeitsbereiche, wobei der erste mit dem von Venus 2 übereinstimmte. Der zweite Meßbereich lag zwischen 1225 und 1340 Å, also außerhalb der Lyman-Alpha-Linie des Wasserstoffes.

Damit gelang es, die mittlere Dichte des Wasserstoffs bis zu einer Entfernung von etwa 20 Erdradien zu bestimmen. Man erhielt einen Wert von etwa  $3 \cdot 10^{-3}$  Atomen/cm<sup>3</sup>. Die Meßgenauigkeit wird mit 30 Prozent angegeben, wobei in dem genannten Bereich keine Veränderungen in Abhängigkeit vom Erdbstand feststellbar waren.

Da bei Venus 3 auch außerhalb des Gebietes der Lyman-Alpha-Linie gemessen wurde, konnte man unter Berücksichtigung des Hintergrundes der kosmischen Strahlung, der mit  $10^{-7}$  erg/cm<sup>2</sup>, sec und sterad. in die Rechnung einging, eine Abschätzung über die Wasserstoffdichte der intergalaktischen Materie bis zu einer Entfernung von etwa 300 Megaparsec vornehmen. Man kam zu dem Ergebnis, daß die Konzentration des Wasserstoffgases im intergalaktischen Raum nicht größer als  $6 \cdot 10^{-29}$  Gramm/cm<sup>3</sup> ist.

### IV. Radioastronomische Untersuchungen im interplanetaren Raum

Die beiden sowjetischen Mondsatelliten Luna 11 und Luna 12 besaßen Apparaturen zur Messung der solaren und galaktischen Radiostrahlung im Frequenzbereich von 200 kHz und 30 kHz. Bei ihrem Mondumlauf ließ sich keinerlei Intensitätsänderung feststellen. Das bedeutet, daß diese Strahlung isotrop über die gesamte Sphäre verteilt ist. Es scheinen keine besonders intensiven lokalen Quellen zu existieren.

Bei der solaren Radiostrahlung in diesem Frequenzbereich wurden im Zusammenhang mit Typ-III-bursts ebenfalls Intensitätserhöhungen in den genannten Frequenzbereichen festgestellt. Beim Eintauchen in den Mondschatten war es möglich, lokale Herde dieser Strahlungsquellen zu finden. Sie haben fast ausschließlich ihren Ursprung in der Sonnenkorona, wobei sie in Abständen von 15 bis 40 Sonnenradien und in Ausnahmefällen für den 200-kHz-Bereich sogar bis zu 100 Sonnenradien Abstand von der sichtbaren Scheibe nachgewiesen werden konnten. Es gelang auch, Messungen der Bewegungsgeschwindigkeiten dieser Quellen anzustellen, die darauf hindeuten, daß einige ihren Ursprung in ausgestoßenen Wolken ionisierter Teilchen haben.

### V. Untersuchungen der UV-Strahlung der Sonne

Auch in den Jahren 1965 und 1966 haben die USA vor allem durch Raketenaufstiege, die meist mit der Rakete vom Typ Aerobee bzw. bestimmten Varianten dieser Rakete ausgeführt wurden, sowohl Spektren als auch verschiedenartige Spektroheliogramme gewinnen können. Genannt seien hier nur einige der interessantesten Ergebnisse. So konnten z. B. im Bereich von 33 bis 110 und von 490 bis 800 Å eine ganze Reihe neuer Spektrallinien gefunden werden. Zahlreiche neuartige Spektroheliogramme, die sowohl die Chromosphäre als auch die Korona abbildeten, wurden gewonnen. Fotos der Sonne, aufgenommen durch Aluminium-Filter, die für den Bereich von 170 bis 400 Å durchlässig sind, wurden gemacht. Man erhielt Bilder der Korona bis zu zwei Sonnenradien Abstand.

Zahlreiche starke Linien im Bereich von 170 bis 200 Å konnten als Fe IX und Fe XIII identifiziert werden. Mehrfach konnten mit Hilfe eines mitgeführten Cassegrain-Teleskops mit einer Auflösung von einer Bogensekunde Untersuchungen der Röntgenstrahlung der Sonne im Bereich zwischen 135 und 1050 Å ausgeführt werden. Im Fokus des Cassegrain-Teleskops befand sich ein kleines Loch, hinter dem eine Ionisationskammer angebracht war, die für den genannten Bereich empfindlich ist. Die Sonnenoberfläche wurde linienweise abgetastet. Dabei ließen sich 20 diskrete UV-Strahlungsquellen nachweisen. Es gelang ferner, in den gewonnenen UV-Spektren der Sonne CO-Bänder in mehreren Fällen nachzuweisen.

## VI. Untersuchungen der Röntgenstrahlung der Sonne

Auch zur Untersuchung der solaren Röntgenstrahlung setzte man in den USA zahlreiche Höhenraketen in den Jahren 1965 und 1966 ein. Es gelang, Röntgenstrahlungsbilder der Sonnenoberfläche in den verschiedenen Spektralbereichen, so z. B. von 3 bis 11 Å und von 44 und 75 Å zu erhalten. Das Auflösungsvermögen dieser Röntgenstrahlungsbilder der Sonne lag bei 20 Bogensekunden. Dabei wurden bei den langwelligeren Bildern jeweils Koronadetails und bei den Bildern im kurzwelligen Bereich nur die aktiven Regionen der Sonnenoberfläche abgebildet.

Bei einer Reihe anderer Starts erfolgten Messungen der Intensität in verschiedenen ausgewählten Bereichen des Röntgenspektrums. Es gelang, im Röntgenspektrum der Sonne etwa 40 weitere Linien zu identifizieren.

Auch ein amerikanischer Geheimsatellit mit der astronomischen Bezeichnung 1965-111 B wurde speziell zur Untersuchung der solaren Röntgenstrahlung eingesetzt. Dieser Satellit war lagestabilisiert und in einer Achse in Richtung zur Sonne orientiert. Der Sonnensensor sorgte für eine Ausrichtung mit einer Genauigkeit von weniger als einer Bogenminute. Das gesamte Experiment lief 20 Tage. Mit Hilfe eines Kristallspektrometers für den Bereich von 9 bis 25 Å und Proportionalzählern für den Bereich von 4 bis 13 Å fand man zahlreiche neue Linien im Röntgenspektrum, die bereits vorher theoretisch vorausgesagt worden waren. Interessanterweise stellte man Intensitätsänderungen einzelner Linien bis zu 10 Prozent fest.

Hervorzuheben sind die Messungen, die am 13. Dezember 1967, etwa eine Stunde nach dem Auftreten einer Eruption, gemacht worden sind. Die Linien wurden im allgemeinen stärker und intensiver. Die Linie O VII bei 21,6 Å zeigte keine Änderung der Intensität. Dagegen war die O VIII-Linie bei 16 Å dreimal stärker. Eine Eisenlinie bei 15 Å erreichte nach der Eruption sogar eine vierfache Intensitätszunahme. Auch die Linie Mg XI war bedeutend intensiver als vorher.

Ein weiterer amerikanischer Erdsatellit, Solrad VIII, auch Explorer 30 genannt, diente ebenfalls der Untersuchung der solaren Röntgenstrahlung. Mit Satelliten dieses Typs sind seit Beginn 1960 kontinuierlich Röntgenstrahlungsmessungen der Sonne ausgeführt worden. Man stellte fest, daß eine allgemeine Zunahme der Röntgenstrahlungsintensität mit dem Beginn des neuen Zyklus auftrat, die um 50 Prozent größer war, als die Röntgenstrahlungs-Intensitätszunahme beim vorangegangenen Zyklus der Sonnenaktivität. Man konnte deshalb schon damals die Schlußfolgerung ziehen, daß dieser neue Zyklus der Sonnenaktivität mindestens genauso oder noch stärker als der vorangegangene werden wird. Speziell mit Solrad VIII ließ sich feststellen, daß bei einer Eruption im Juli 1966 die Röntgenstrahlung zeitlich ein anderes Verhalten aufwies als die optische Erscheinung der Eruption. Das ist vor allem hinsichtlich der Frühwarnung für bemannte Raumflugunternehmen von großer Bedeutung. Bei der Sonnenfinsternis im Mai 1966 passierte der Satellit Solrad VIII den Mondschatten über Italien. Dabei ließ sich feststellen, daß die diskreten Röntgenstrahlungsquellen einen Durchmesser von etwa 0,5 Bogenminuten haben.

Ein sowjetischer Satellit, der am 16. Juli 1967 gestartete Kosmos 166, diente ganz speziell der Untersuchung der solaren Kurzwellenstrahlung. Auch dieser Satellit war lagestabilisiert und auf die Sonne ausgerichtet. Verwendet wurden dazu Gasdüsen und Schwungräder.

In seinem Äußeren entspricht dieser Satellit in der Grundform den standardisierten kleineren Kosmos-Satelliten. Die Solarzellen brauchten hier nur in einer Ebene – in der Ebene senkrecht zur Sonnenrichtung – angebracht zu werden. Vier fast quadratische Flächen befanden sich am vorderen (zur Sonnenrichtung) Rand des zylindrischen Teils, vier weitere (sozusagen auf Lücke gesetzt) am hinteren Teil des walzenförmigen Mittelstücks. Außen waren ferner sphärische Behälter für das Preßgas angebracht. Vor dem vorderen sphärischen Teil befand sich eine spiegelnde Platte, die dazu diente, die Elektronikblöcke der wissenschaftlichen Meßapparatur, die im vorderen sphärischen Teil untergebracht waren, vor zu starker Erwärmung zu schützen. Auf dieser Platte befanden sich die Sonnensensoren sowie die Geber der Meßinstrumente.

Durch ein Zeitschaltwerk wurde dreimal während jeder Erdumkreisung das Orientierungssystem auf Abtastung geschaltet. Dabei wurde die gesamte Sonnenscheibe zeilenweise mit einer Geschwindigkeit von 0,04 Grad/Sekunde abgetastet.

Der Satellit besaß folgende wissenschaftliche Apparatur: ein Röntgenstrahlungs-Photometer, ein Diffraktionsultraviolett-Spektrometer, einen Röntgenstrahlungs-Spektroheliograph. Als Strahlungsempfänger für das Photometer verwendete man Geigerprotonenzähler mit Sauerstoffdampfgemisch sowie Beryllium- und Aluminiumschlitzen. Um den durch die Strahlungsgürtel entstehenden „Störpegel“ berücksichtigen zu können, besaß der Satellit ferner zusätzliche Kontrollzähler.

Der Satellit Kosmos 166 war insgesamt drei Monate in Tätigkeit. Während der drei Sonnenrotationen hat sich die Aktivität der Sonne weitgehend verändert. Man erhielt reichhaltiges Material über den Ablauf von Röntgenstrahlungseruptionen und den Zusammenhang dieser Eruptionen mit den optisch sichtbaren Eruptionsercheinungen.

Folgende vorläufige Ergebnisse liegen bereits vor: Die Zeiten der Intensitätszunahme bei den meisten Röntgenstrahlungseruptionen liegen zwischen 0,5 und 30 Minuten. Die Abnahme der Intensität erfolgt nicht immer in der gleichen Weise. In einem Fall gelang es, einen sogenannten „Vorboten“ der Eruption festzustellen. Es handelte sich hierbei um einen kleinen Strahlungsstoß, der der Hauptphase der Eruption voranging. Auf die Existenz solcher Vorboten hatten in der Vergangenheit schon Ionosphärenmessungen hingedeutet. Die spektralen Untersuchungen der Eruptionen ergaben, daß es relativ kalte und heiße Eruptionen gibt. Im Laufe der Entwicklung einer Eruption geht meist ihre Temperatur zurück. Die meisten Röntgenstrahlungseruptionen entstehen über aktiven Bereichen, die mit irdischen optischen Mitteln festzustellen sind. Der Winkeldurchmesser einer Eruption ist meist nicht größer als 3 Minuten. In vier Fällen konnte nachgewiesen werden, daß eine Eruption zwei in ihrer Helligkeit nahezu gleiche Zentren besitzt. Ihr Abstand machte nur etwa 6 Winkelminuten aus. Es konnte auch nachgewiesen werden, daß es Röntgenstrahlungseruptionen gibt, die nicht mit optischen Eruptionen in Zusammenhang stehen. Erstmals war diese Tatsache mit Hilfe von Elektron 2 beobachtet worden. Der Ursprung dieser Röntgenstrahlungseruptionen ist in jedem Fall die Sonnenkorona. Wegen der in der nächsten Zeit in bedeutend stärkerem Maße vorgesehenen bemannten Raumflüge beabsichtigt die Sowjetunion, für die kurzfristige Warnung vor Strahlungsgefahr weitere Methoden der solaren Röntgenstrahlungsuntersuchung zu entwickeln.

Auch mit Hilfe der amerikanischen Satelliten der OSO-Serie wurden zahlreiche Untersuchungen der solaren Röntgenstrahlung ausgeführt. Über die hier verwendeten Instrumente und Meßmethoden wurde bereits in den entsprechenden Schnellinformationen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft berichtet.

Auch im sichtbaren Licht und im infraroten Bereich des Spektrums wurde bei Raketenanstiegen eine ganze Reihe interessanter Untersuchungen angestellt. Bei einem am 28. April 1966 ausgeführten Raketenanstieg gelang es, 40 Fotos der Korona mit Hilfe eines mitgeführten Koronographen aufzunehmen. Die einzelnen Bilder zeigen die Korona bis zu Abständen von 3 bis 11 Sonnenradien, Äquatorialstrahlen der Korona ließen sich auf den Bildern bis zu Abständen von 10 Sonnenradien nachweisen. Bei einem Aufstieg im November 1966 wurden zwei gleichzeitig arbeitende Koronographen, die nebeneinander angeordnet waren, eingesetzt. Das interessante Ergebnis liegt hierbei darin, daß einzelne kleinste Staubpartikel, die das Sonnenlicht streuten, bis zu 100 m Abstand von der Rakete mitfotografiert wurden. Durch die Nebeneinanderanordnung war es auf dem Weg über die Parallaxe möglich, den Abstand der einzelnen Staubpartikel zu bestimmen. Bei diesem Aufstieg erhielt man insgesamt 64 Koronabilder mit Belichtungszeiten von 2 bis 8 Sekunden. In diesem Fall befanden sich der Mond und die Venus mit im Gesichtsfeld der Aufnahmeapparatur.

Durch Ballonaufstiege war es möglich, Infrarotaufnahmen auszuführen, die der Untersuchung des interplanetaren Staubes in Sonnennähe dienen.

## VII. Untersuchungen der UV- bzw. Röntgenstrahlung von stellaren Objekten

Im Jahre 1966 setzten die USA zwei Aerobee-Raketen zur Untersuchung von solaren UV-Spektren ein. Verwendet wurde jeweils ein 33-cm-Teleskop mit einem Öffnungsverhältnis 1:10. Das Auswertungsinstrument war eine lichtelektrische Spektromabstanzanlage. Das Spektroskop lieferte ein UV-Spektrum im Bereich von 1100 bis 4000 Å. Die Lagestabilisierung in drei Achsen erfolgte durch Meßkreisel und Impulskaltgasdüsen. Zur Feinpointierung benutzte man Sternsucher, die in Verbindung mit Feinkaltgasdüsen arbeiteten. Die Genauigkeit der Ausrichtung lag im Bereich von  $\pm 10$  bis  $\pm 20$  Bogensekunden. Das Programm sah jeweils 22 Sekunden dauernde Abtastungen der UV-Spektren von je fünf Sternen vor. Eine digitale Telemetrieanlage sorgte für Übermittlung der Daten, die in der Bodenstation elektronisch verarbeitet wurden.

Die Spektren folgender Sterne wurden untersucht: Alpha Lyrae, Lambda Scorpii, Xi Ophiuchi, Alpha Canis majoris (Sirius), Chi Puppis, Gamma Velorum. Die Spektren der Sterne zeigten im UV-Bereich eine ganze Reihe von Emissionslinien, wobei diejenigen der beiden letztgenannten besonders stark waren.

Bei dem bemannten amerikanischen Raumflugunternehmen Gemini 9 wurden nach dem Docking Sternfeldaufnahmen gemacht. Jeweils drei der Spektralaufnahmen erfolgten mit Hilfe eines Gitters, und die drei weiteren wurden mit Hilfe eines Prismas gemacht. Fotografiert wurden folgende Sternfelder: das Gebiet um Schaula (Lambda Scorpii), Canopus, Alnilam (Epsilon Orionis), Antares, Schaula und Iota Orionis. Es erfolgten jeweils sechs Belichtungen je Feld. Bei den Aufnahmen mit dem Prisma wurde 20 Sekunden belichtet, es erwies sich, daß B-Sterne bis zur Helligkeit  $6^m,5$  brauchbare Spektren ergaben. Mit den Gitterspektren wurde 120 Sekunden belichtet, wobei B-8-Sterne bis zu  $8^m,5$  gut auswertbare Spektren lieferten. Bei den mit dem Gitterspektrographen aufgenommenen Bildern waren etwa die Hälfte der abgebildeten Sternspektren intensiv genug, um daraus eine UV-Energiekurve abzuleiten. Es konnte beispielsweise im Orion-Nebel die verbotene Linie des O II als Emission bei 3727 Å nachgewiesen werden. Beim Spektrum des

Sirius war die Balmer-Serie der Wasserstofflinien deutlich zu identifizieren. Die Auflösung war 50mal besser als man erwartet hatte. Bei den B-Sternen ließ sich im Bereich von 2000 bis 3000 Å eine große Zahl von Metalllinien nachweisen. Das UV-Spektrum von Canopus zeigte fast so viel Details wie das solare UV-Spektrum.

Nach drei Fehlschlägen gelang es den USA am 20. September 1966, mit Hilfe einer Aerobee-Rakete UV-Spektren der Sterne der Oriongegend zu erhalten. Die Spektren hatten eine Auflösung von 1 Å. Bei 3 Minuten Belichtungszeit konnten insgesamt 7 Orionsterne bzw. ihr Spektrum abgebildet werden. Verwendet wurden zwei sphärische Spiegel mit einem Öffnungsverhältnis von 1 : 2. Das abgebildete Feld hatte einen Durchmesser von 12 Grad. Die optischen Teile der Spiegel waren zwecks besserer UF-Reflexion mit einer Lithiumfluorid-Schicht bedeckt. Bei diesem Experiment erfolgte die Feinstabilisierung der Nutzlastspitze der Rakete in der Dispersionsrichtung des Spektrums durch Massekreisel. Die Genauigkeit betrug  $\pm 16$  Bogensekunden.

Bei den Supergiganten Delta Orionis, Epsilon Orionis und Zeta Orionis wurden Emissionslinien C IV, Si IV und N V festgestellt. Deutlich konnte eine Linienverschiebung gemessen werden. Sie deutet auf einen Gasausstoß mit einer Geschwindigkeit von 2000 km/sec hin. Diese Sterne besitzen also eine expandierende Hülle. Der daraus berechnete Massenverlust dieser Sterne beträgt etwa  $2 \cdot 10^{-6}$  Sonnenmassen pro Jahr.

Aus den Spektren konnte ferner die interstellare Lyman-Alpha-Absorption bestimmt werden. Die Berechnungen ergaben, daß von uns aus gesehen bis zu den Orion-Sternen etwa  $1,5 \cdot 10^{20}$  Wasserstoffatome/cm<sup>2</sup> vorhanden sein müssen. Frühere Untersuchungen auf radioastronomischem Gebiet unter Benutzung der 21-cm-Linie des Wasserstoffs hatten etwa  $1,3 \cdot 10^{21}$  Atome/cm<sup>2</sup> ergeben. Wir sehen also hier eine relativ gute Übereinstimmung.

## **Abkommen über Hilfeleistung für Kosmonauten und Bergung von Weltraumflugkörpern**

Prof. Dr. jur. habil. GERHARD REINTANZ

Der Weltraumvertrag von 1967, der die rechtlichen Prinzipien zur Regelung der Weltraumaktivitäten der Staaten enthielt (1), verpflichtet in Art. V die Vertragsstaaten, den Kosmonauten bei einem Unfall, einer Notlage oder einer Notlandung unverzüglich zu helfen und sie und ihr Raumschiff bzw. was davon noch übrig geblieben ist, in den Flaggenstaat zurückzuführen. Diese Grundsatzregelung bedarf der genauen Fixierung, und die UNO-Vollversammlung beauftragte in ihrer Resolution A. 2222 (XXI) von 1966 ihr Weltraumkomitee u. a. damit, die Arbeit an einem Abkommen über Hilfeleistung für Kosmonauten und die Bergung von Raumschiffen fortzusetzen.

Der Juristische Unterausschuß des Weltraumkomitees trat im Juni 1967 in Genf zusammen und behandelte als 1. Tagesordnungspunkt ein solches Abkommen, ohne jedoch zum Ergebnis zu kommen (2). Auch der I. Politische Ausschuß der UNO-Vollversammlung, der im Oktober 1967 in New York tagte, befaßte sich u. a. mit einem derartigen Abkommen. Auch in diesem Gremium zeichnete sich noch keine Lösung ab. Erst in zweiseitigen Verhandlungen zwischen der Sowjetunion und den USA konnte im November/Dezember 1967 eine Annäherung der Standpunkte erreicht werden, so daß schließlich der Juristische Unterausschuß und das Weltraumkomitee innerhalb von 48 Stunden den Text eines Hilfeleistungs- und Bergungsabkommens verabschieden konnten. Die 22. UNO-Vollversammlung billigte in ihrer Entschließung A/2345 (XXII) vom 19. Dezember 1967 einstimmig dieses Abkommen, dessen deutscher Text wie folgt lautet (3):

## **Abkommen**

### **über die Rettung von Kosmonauten, die Rückführung von Kosmonauten und die Rückführung von in den Weltraum entsandten Gegenständen**

Die Vertragsstaaten,

In Anbetracht der großen Bedeutung des Vertrages über die Prinzipien für die Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, in dem die Gewährung jeder möglichen Hilfe für Kosmonauten bei Unfall, Gefahr oder Notlandung, die unverzügliche und sichere Rückführung der Kosmonauten sowie die Rückführung der in den Weltraum entsandten Gegenstände gefordert werden.

Von dem Verlangen getragen, diese Pflichten weiterzuentwickeln und ihrer konkreten Ausgestaltung Ausdruck zu geben,

Von dem Wunsche beseelt, die internationale Zusammenarbeit bei der friedlichen Erforschung und Benutzung des Weltraums zu fördern,

Veranlaßt durch Gefühle der Menschlichkeit, haben folgendes vereinbart:

#### **Artikel 1**

Jeder Vertragsstaat, der Kenntnis davon erhält oder entdeckt, daß die Besatzung eines Raumfahrzeugs einen Unfall erlitten hat oder sich in einer Notlage befindet oder eine Notlandung oder unbeabsichtigte Landung in einem Gebiet unter seiner Hoheit oder auf hoher See oder an einem sonstigen, keiner staatlichen Hoheit unterliegendem Ort vorgenommen hat, hat unverzüglich:

a) der Startbehörde Anzeige zu erstatten oder, falls er die Startbehörde nicht feststellen und unverzüglich mit ihr in Verbindung treten kann, mit allen ihm zur Verfügung stehenden geeigneten Nachrichtenmitteln eine öffentliche Bekanntmachung herauszugeben;

b) dem Generalsekretär der Vereinten Nationen Anzeige zu erstatten, der die Nachricht unverzüglich mit allen ihm zur Verfügung stehenden geeigneten Nachrichtenmitteln verbreiten soll.

#### **Artikel 2**

Falls die Besatzung eines Raumfahrzeugs infolge eines Unfalls, einer Notlage, einer Notlandung oder unbeabsichtigten Landung in dem Gebiet unter der Hoheit eines Vertragsstaates landet, hat er unverzüglich alle möglichen Schritte zu unternehmen, um sie zu retten und ihr jede mögliche Hilfe zu leisten. Er hat die Startbehörde und ferner den Generalsekretär der Vereinten Nationen von den Schritten, die er unternimmt, sowie von ihrem Fortgang zu unterrichten. Falls eine Hilfeleistung seitens der Startbehörde geeignet ist, eine schnelle Rettung herbeizuführen oder wesentlich zur Wirksamkeit der Such- und Rettungsmaßnahmen beizutragen, hat die Startbehörde mit dem Vertragsstaat im Hinblick auf die wirksame Durchführung der Such- und Rettungsmaßnahmen zusammenzuarbeiten. Derartige Maßnahmen unterliegen der Leitung und Kontrolle durch den Vertragsstaat, der in enger und dauernder Fühlungnahme mit der Startbehörde tätig wird.

#### **Artikel 3**

Falls Kenntnis davon erlangt oder entdeckt wird, daß die Besatzung eines Raumfahrzeugs auf der hohen See oder an einem sonstigen, keiner staatlichen Hoheit unterliegendem Ort niedergegangen ist, haben die Vertragsstaaten, die dazu in der Lage sind, die Hilfeleistung bei den Such- und Rettungsmaßnahmen für die Besatzung, falls erforderlich, in der Weise zu erweitern, daß ihre schnelle Rettung gewährleistet ist. Sie haben die Startbehörde und den Generalsekretär der Vereinten Nationen von den Schritten, die sie unternehmen, sowie von ihrem Fortgang zu unterrichten.

#### Artikel 4

Falls die Besatzung eines Raumfahrzeugs infolge eines Unfalls, einer Notlage, einer Notlandung oder unbeabsichtigten Landung in einem Gebiet unter der Hoheit eines Vertragsstaates oder auf hoher See oder an einem sonstigen, keiner staatlichen Hoheit unterliegendem Ort aufgefunden wird, ist sie sicher und unverzüglich den Vertretern der Startbehörde zu übergeben.

#### Artikel 5

1. Jeder Vertragsstaat, der Kenntnis davon erhält oder entdeckt, daß ein Weltraumgegenstand oder dessen Bestandteile auf die Erde in dem Gebiet unter seiner Hoheit oder auf der hohen See oder einem sonstigen, keiner staatlichen Hoheit unterliegendem Ort zurückgelangt sind, hat der Startbehörde und dem Generalsekretär der Vereinten Nationen Anzeige zu erstatten.

2. Jeder Vertragsstaat, der die Hoheit über das Gebiet besitzt, auf dem ein Weltraumgegenstand oder dessen Bestandteile entdeckt worden sind, hat auf Ersuchen der Startbehörde und mit Hilfe dieser Behörde, sofern dies verlangt wird, diejenigen Schritte zu unternehmen, die er für zweckmäßig hält, um den Gegenstand oder die Bestandteile zu bergen.

3. Auf Ersuchen der Startbehörde sind in den Weltraum entsandte Gegenstände oder ihre Bestandteile, die außerhalb des Hoheitsgebiets der Startbehörde aufgefunden werden, Vertretern der Startbehörde zurückzugeben oder zu ihrer Verfügung zu halten, die auf Verlangen vor der Übergabe Erkennungsmerkmale mitzuteilen hat.

4. Ungeachtet der Absätze 2 und 3 dieses Artikels kann ein Vertragsstaat, der Grund zu der Annahme hat, daß ein Weltraumgegenstand oder dessen Bestandteile, die auf einem Gebiet unter seiner Hoheit entdeckt worden sind oder die er anderswo geborgen hat, gefährlich oder schädlich sind, der Startbehörde Anzeige erstatten, die unverzüglich unter der Leitung und Überwachung des genannten Vertragsstaates wirksame Schritte zu unternehmen hat, um die mögliche Gefahr von Schäden abzuwenden.

5. Kosten, die in Erfüllung der Verpflichtungen zur Bergung und Rückgabe eines Weltraumgegenstandes oder dessen Bestandteile auf Grund der Absätze 2 und 3 dieses Artikels entstehen, sind von der Startbehörde zu tragen.

#### Artikel 6

Der Ausdruck „Startbehörde“ bedeutet in dieser Vereinbarung den für den Start verantwortlichen Staat oder, falls eine internationale zwischenstaatliche Organisation für den Start verantwortlich ist, diese Organisation, sofern diese Organisation die Übernahme der in dieser Vereinbarung bestimmten Rechte und Pflichten erklärt und die Mehrheit der Mitgliedstaaten dieser Organisation Vertragsstaaten dieser Vereinbarung sowie des Vertrages über die Prinzipien für die Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums, einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, sind.

#### Artikel 7

1. Diese Vereinbarung steht allen Staaten zur Unterzeichnung offen. Ein Staat, der diese Vereinbarung nicht unterzeichnet, bevor sie gemäß Absatz 3 dieses Artikels in Kraft getreten ist, kann ihr jederzeit beitreten.

2. Diese Vereinbarung bedarf der Ratifikation durch die Signatarstaaten. Die Ratifikations- und Beitrittsurkunden sind bei den Regierungen der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, des Vereinigten Königreichs von Großbritannien und Nordirland und der Vereinigten Staaten von Amerika zu hinterlegen, die hierdurch zu Depositarregierungen bestimmt werden.

3. Diese Vereinbarung tritt mit der Hinterlegung der Ratifikationsurkunde durch fünf Regierungen, einschließlich der gemäß dieser Vereinbarung zu Depositarregierungen bestimmten Regierungen, in Kraft.

4. Für diejenigen Staaten, deren Ratifikations- oder Beitrittsurkunden nach dem Inkrafttreten dieser Vereinbarung hinterlegt werden, tritt sie am Tage der Hinterlegung ihrer Ratifikations- oder Beitrittsurkunde in Kraft.

5. Die Depositarregierungen werden allen Signatarstaaten und beitretenden Staaten unverzüglich den Zeitpunkt jeder Unterzeichnung, den Zeitpunkt der Hinterlegung jeder Ratifikations- und Beitrittsurkunde zu dieser Vereinbarung und den Zeitpunkt ihres Inkrafttretens sowie andere Angaben bekanntgeben.

6. Diese Vereinbarung ist durch die Depositarregierungen gemäß Artikel 102 der Satzung der Vereinten Nationen zu registrieren.

#### Artikel 8

Jeder Vertragsstaat dieser Vereinbarung kann Änderungen dieser Vereinbarung vorschlagen. Änderungen treten für jeden Vertragsstaat der Vereinbarung, der die Änderungen annimmt, mit ihrer Annahme durch die Mehrheit der Vertragsstaaten der Vereinbarung und später für jeden verbleibenden Vertragsstaat der Vereinbarung am Tage der Annahme durch diesen in Kraft.

## Artikel 9

Jeder Vertragsstaat der Vereinbarung kann die Vereinbarung ein Jahr nach ihrem Inkrafttreten durch schriftliche Anzeige an die Depositarregierungen kündigen. Eine derartige Kündigung wird ein Jahr nach dem Tage des Eingangs dieser Anzeige wirksam.

## Artikel 10

Diese Vereinbarung, deren chinesischer, englischer, französischer, russischer und spanischer Wortlaut in gleicher Weise maßgebend ist, ist in den Archiven der Hinterlegungsregierungen zu hinterlegen. Gehörig beglaubigte Abschriften dieser Vereinbarung sind von den Depositarregierungen den Regierungen der Signatarstaaten und der beitretenden Staaten zu übermitteln.

Zu Urkund dessen haben die unterzeichneten, gehörig Bevollmächtigten diese Vereinbarung unterzeichnet.

### Anmerkungen:

1. GBL I, 1968, S. 125. - 2. Report of the Legal Sub-Committee on the Work of its VI Session (19. 6.-14. 7. 1967) UN - Doc. A/AC. 105.37. - 3. Nichtautorisierte Übersetzung durch den Verfasser nach dem englischen und russischen Vertragstext.

## Bildtexte zu den Seiten 79, 80, 81

Abb. 1, S. 79: Kosmos-Satellit für Wetterbeobachtung. Im System Meteor arbeiten z. Z. die Satelliten Kosmos 144, 186, 206. Am unteren Teil die Fernsehkameras, im unteren Sektor seitlich 2 Horizontsensoren, darüber links das Infrarotmeßgerät.

Abb. 3, S. 80: Die erkennbaren beiden Horizontsensoren sind für Infrarotstrahlung empfindlich. Nur wenn der Satellit eine Lage senkrecht zur Erdoberfläche hat, sind diese Sensoren auf den Erdhorizont gerichtet. Treten Abweichungen auf, geben die Sensoren „Informationen“ an das Steuerungssystem. Darüber das Meßgerät für die Bereiche der Wärmestrahlung der Erde. In der sichtbaren Öffnung ein um 45° geneigter Planspiegel, der die Strahlung ins Innere des Satelliten lenkt, wo die entsprechenden Filter und Sensoren vorhanden sind.

Abb. 4, S. 80: Unterer Teil eines Nachrichtensatelliten vom Typ Molnija mit sichtbarer Struktur einer der beiden Parabolantennen. Im mittleren Antennenteil 3 Sensoren zur Ausrichtung der Antenne nach der Bodenstation. Die Antenne ist um 2 Achsen drehbar. Das ist nötig, weil die Flächen mit den Solarzellen immer nach der Sonne ausgerichtet sind. Die Sonnensensoren befinden sich unten am Satellitenkörper.

Abb. 5, S. 80: Wärmeregulierungsanlage an der Bodenplatte eines Kosmos-Satelliten. Die halbkugelförmige Bodenplatte ist sektorenartig in spiegelnde und weiße, aus keramischem Material bestehende Zonen eingeteilt. Darüber drehbar angeordnet weitere Sektoren, die je nach der Innentemperatur mehr oder weniger Fläche der Keramiksektoren der Satellitenwand abdecken.

Abb. 6, S. 81: Kosmos 149 von hinten mit sichtbarem Wärmeregulierungssystem auf der Bodenplatte.

Abb. 8, S. 81: Geber der Meßinstrumente des Kosmos 166 zur Untersuchung der solaren Röntgen- und UV-Strahlung. Da sie ständig auf die Sonne ausgerichtet wurden, befinden sie sich auf einer vorn angesetzten Platte, die als Wärmeisolierung für den Satellitenkörper dient.

## Aus der Literatur

### Meteoritenkrater in der Sahara entdeckt

Bis etwa 1930 war nur ein einziger Meteoritenkrater bekannt, der von Canon Diablo in Arizona (USA). Zwar hatte man damals bereits Kenntnis von anderen Ringwällen, so beispielsweise vom Ries-Kessel bei Nördlingen. Aber da man in diesen Ringwällen im Gegensatz zum Canon Diablo-Krater kein meteoritisches Material fand, wurden diese Ringwälle nicht als Meteoritenkrater anerkannt. Man betrachtete sie vielmehr als vulkanische Gebilde.

In letzter Zeit setzt sich jedoch immer mehr die Überzeugung durch, daß die Mehrzahl dieser Ringwälle, auch der Ries-Kessel, echte Meteoritenkrater sind. Hinzu kommt, daß jetzt laufend neue derartige Krater entdeckt werden. Ein amerikanischer Katalog dieser Krater zählt nicht weniger als 110 Objekte auf. Viele davon wurden vom Flugzeug aus entdeckt. Es zeigte sich, daß man große flache Ringwälle viel leichter aus der Luft erkennen kann, als vom Erdboden.

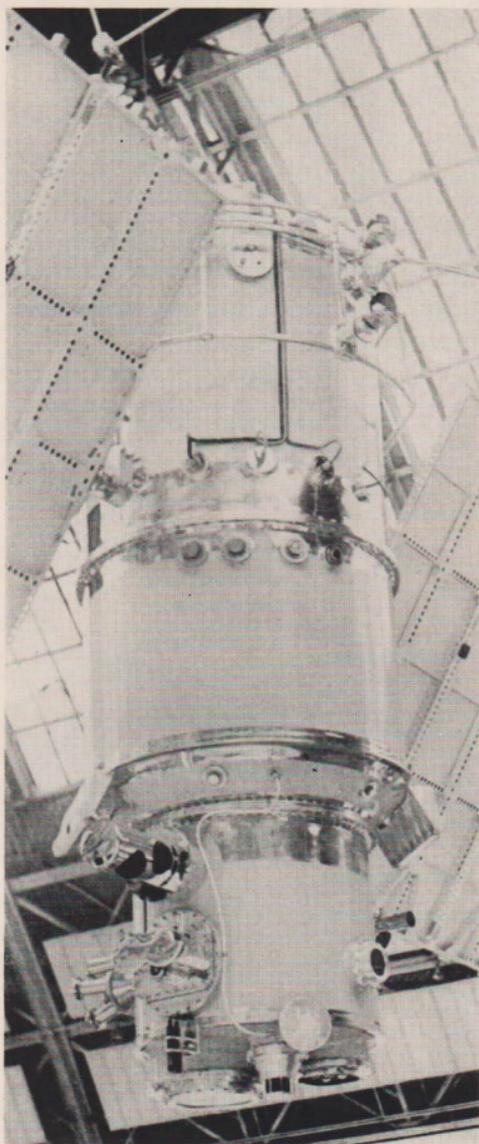


Abb. 1: Sowjetischer Kosmos-Satellit.

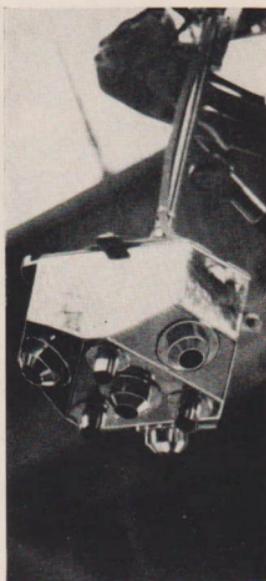


Abb. 7: Eines der beiden Infrarot-Strahlungsmeßgeräte von Kosmos 149 mit den Optiken der einzelnen Sensoren.

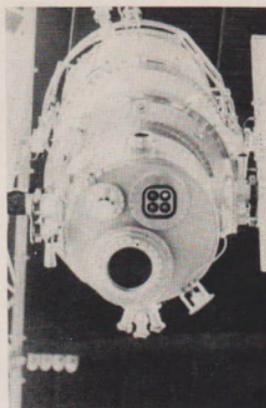
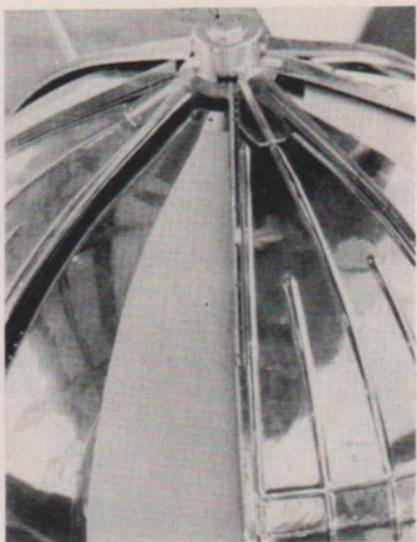
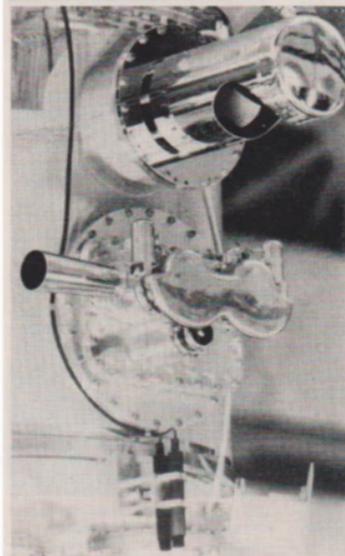
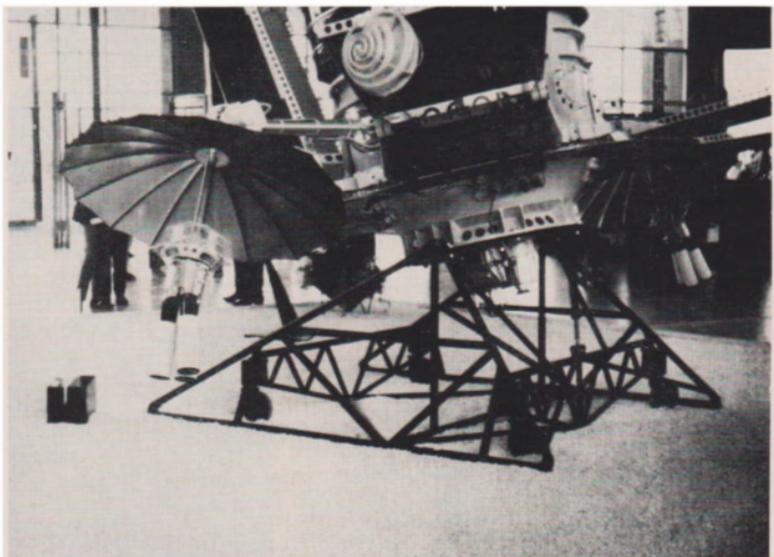


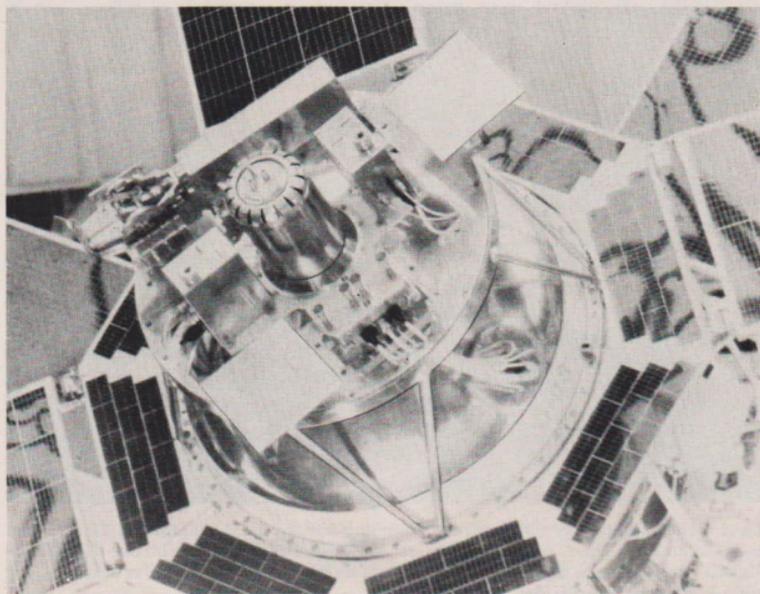
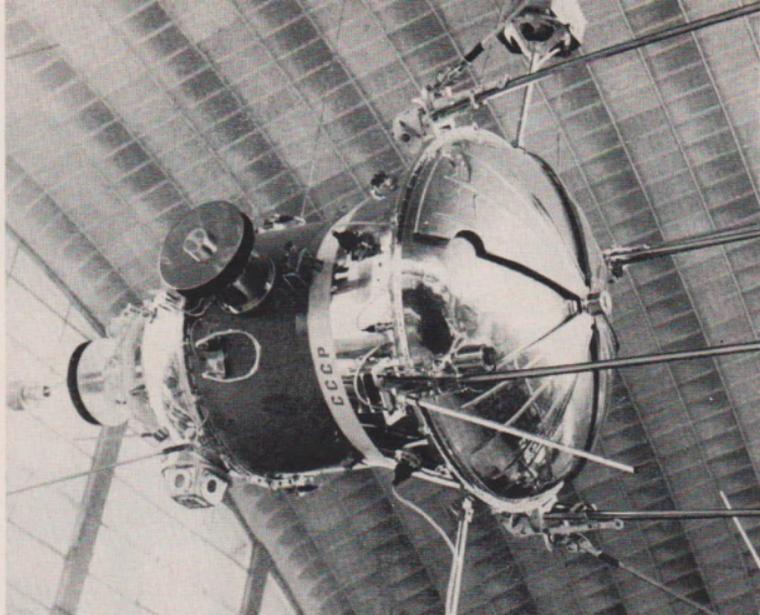
Abb. 2: Linker Satellit von unten gesehen, mit großem und vier kleineren Fernsichtkamera-Objektiven; das hellste besitzt starken Rotfilter.



Oben: Abb. 4

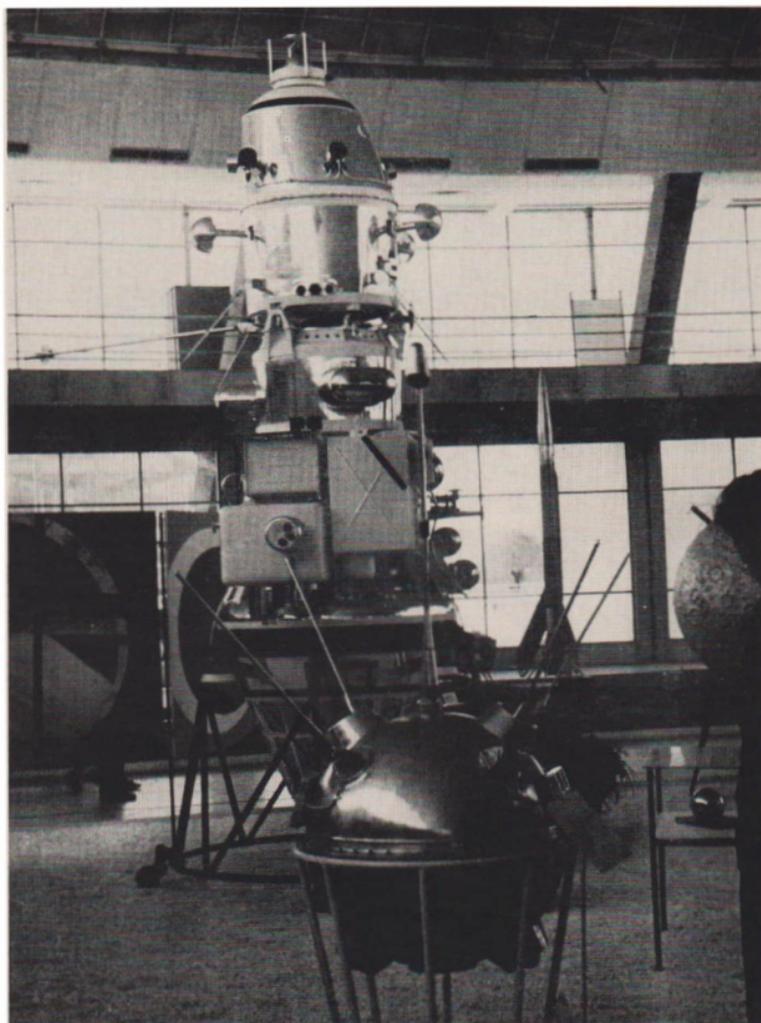
Links: Abb. 3

Rechts: Abb. 5



Oben: Abb. 6

Unten: Abb. 8



**Zwei Generationen der sowjetischen Mondflugkörper. Im Vordergrund Luna 1, der erste Raumflugkörper, der am 2. Januar 1959 die zweite astronautische Geschwindigkeit erreichte und den mondnahen Raum durchflogen hat. Dahinter Luna 10, der erste künstliche Satellit des Mondes.**

Nun bekommt das Flugzeug offenbar einen Rivalen bei der Entdeckung von Meteoritenkratern: das Weltraumschiff. Während des 4-Tage-Fluges von Gemini 4 im Juni 1965 erhielten die beiden amerikanischen Astronauten I. A. Mc Divitt und E. H. White 114 Farbaufnahmen von der Erdoberfläche. Auf einer dieser Aufnahmen zeigte sich ein kreisförmiges Objekt mit einem Durchmesser von maximal 18 km. Es liegt in einem der unzugänglichsten und am wenigsten erforschten Gebiete der Sahara, in den zur Tschad-Republik gehörenden Tibesti-Bergen. Sein genauer Ort ist 110 km südwestlich von dem 3400 m hohen Emi Koussi, dem höchsten Berg der Sahara. Obwohl der Ringwall nicht allzu weit von dem Quarternary-Vulkan entfernt ist, scheint er doch allem Anschein nach von dem Aufschlag eines riesenhaften, schon in geologischer Zeit niedergegangenen Meteoriten herzurühren.

Der neue Meteoritenkrater in der Sahara ist mit seinen 18 km Durchmesser nunmehr der zweitgrößte Meteoritenkrater der Erde. An erster Stelle steht nach wie vor der Ries-Kessel mit maximal 24 km Durchmesser. Der drittgrößte Meteoritenkrater ist nach heutiger Kenntnis der 7-11 km im Durchmesser große Bosumtwi/Ashanti-Krater in Ghana (Westafrika), der jetzt mitten im afrikanischen Urwald einen riesigen See bildet.

J. CLASSEN

### Aufflammende Sterne

Prof. Dr. Alfred H. Joy von der Mount Wilson- und der Palomar-Sternwarte berichtet über Strahlungsausbrüche bei einer Anzahl von Sternen schwacher Leuchtkraft. Das Helligkeitsmaximum wird in wenigen Sekunden, in manchen Fällen in etwa einer Minute, erreicht. Die gesamte Erscheinung dauert höchstens zehn Minuten. Der Helligkeitsanstieg beträgt etwa 1 bis 6 Größenklassen.

(Orion, 13, 1, 8, 1968).

### Meteoritenfund in der UdSSR

Im Juni 1967 wurden im Flußbett eines linken Nebenflusses des Jasachnaja in der UdSSR zwei Eisenmeteoriten von 300 kg und 51 kg Gewicht gefunden. Der kleinere lag 20 m vom ersten entfernt. Entdeckt wurden die beiden Eisenmassen während geologischer Untersuchungen durch F. A. Mednikow und I. H. Markov.

(Meteoritical-Bulletin, Februar 1968).

J. CLASSEN

### Neue britische Nachrichtensatelliten-Bodenstation

Um dem zu erwartenden Anwachsen des Satelliten-Nachrichtenverkehrs gerecht zu werden, errichtet die britische Post nahe ihrer bereits vorhandenen Bodenstation Goonhilly Downs eine zweite Anlage im Werte von 16,5 Mio DM.

Der aus rostfreiem Stahl bestehende Parabolspiegel wird 27,43 m Durchmesser haben, bei einer Oberflächengenauigkeit mit einem quadratischen Mittelwert von 0,508 mm. Selbst bei 112 km/h Windgeschwindigkeit beträgt die maximal zulässige Deformierung nur 5 mm. Die Antenne kann mit vier Motoren (insgesamt 60 PS) um 210° im Azimut geschwenkt werden. Die Bewegungsgeschwindigkeit beträgt hier 10°/min, in der Elevation 5°/min.

Die Sende- und Empfangseinrichtungen, von der Fa. MARCONI LTD. geliefert, sind für den Betrieb im gesamten Satellitenband von 5,925 bis 6,425 GHz geeignet. Doppelte Auslegung (Geräteredundanz) sichert eine 99,9prozentige Zuverlässigkeit. Die Steuerung der Anlage erfolgt von einer 450 m entfernten Stelle aus.

Die neue Anlage soll vor allem dem transatlantischen Nachrichtenverkehr dienen, die bisherige nach einem Umbau dem Verkehr mit Asien und dem fernen Osten.

Der Ausbau der englischen Bodenstation erfolgt besonders im Hinblick auf die amerikanische Nachrichtensatelliten-Generation „Intelsat III“, die für Vielfachbetrieb geeignet ist. (Int. Elektron. Rundschau, 21 (1967), H. 6, S. 146.)

H.-D. NAUMANN

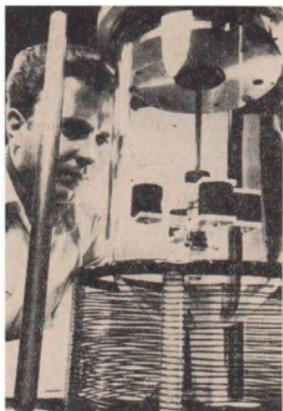
### Das größte vollbewegliche Radioteleskop der Erde

Das größte vollbewegliche Radioteleskop der Erde entsteht gegenwärtig für das „Max-Planck-Institut für Radioastronomie“ der Universität Bonn bei Effelsberg in der Eifel. Der Parabolspiegel hat einen Durchmesser von 100 m. Bis zu 80 m Durchmesser ist er mit einem Leichtmetallbelag versehen, während die Außenzone (80 bis 100 m) aus einem Niosta-Drahtgeflecht besteht.

Die an den Spiegel gestellten Genauigkeitsforderungen übertreffen die aller bisher existierenden Radioteleskope. Die rechnerische Abweichung der Spiegeloberfläche von der idealen Paraboloidform soll maximal ± 1,5 mm betragen, was einem geometrischen Güteverhältnis von 1 : 105 gleichkommt. Das Gewicht des Teleskops wird etwa 2800 t betragen. Es ruht auf vier, auf einem Schienenauflaufkreis von 64 m Durchmesser laufenden Fahrstellern. Die Bewegungsmöglichkeit um zwei Achsen gestattet es, alle Punkte der Hemisphäre zu erreichen.

Man rechnet mit einer Reichweite der Anlage von etwa 8 Milliarden Lichtjahren bei Wellenlängen bis zu 2 cm. Nach einer Bauzeit von 2 1/2 Jahren soll die Anlage Ende 1969 für Forschungsarbeiten im Wellenlängenbereich von 2 bis 30 cm in Betrieb genommen werden. Funkschau, 40 (1968), H. 3, S. 66.

H.-D. NAUMANN



Das in einem Vakuumgefäß befindliche „Massen-Abtastgerät“ kann die Erdanziehungskraft bis zu 10 billionstel G feststellen und messen. Rechts Dr. Robert L. Forward, links Curtis Bell bei Vorbereitung eines Experiments mit dem flugtransportablen Gerät.



### Abtastgerät zur kartographischen Erfassung des Mondes

Eine neue Möglichkeit, die Schwerkraft zur Feststellung des Vorhandenseins einer Masse, bzw. des Nichtvorhandenseins einer Masse zu nützen, ist von Wissenschaftlern der Forschungslaboratorien der Hughes Aircraft Company vorgeführt worden, die einen Prototyp des ersten flugtransportablen Massen-Abtastgerätes gebaut haben.

Das Gerät, das wie zwei sich in der Mitte des Griffes kreuzende 152,4 mm große Hanteln aussieht, ist so empfindlich, daß es Veränderungen in der Erdanziehungskraft bis zu 10 billionstel G feststellen und messen kann. (Das G ist eine Maßeinheit für die Erdanziehungskraft: 1 G hält Menschen und Dinge auf der Erde fest, sonst würden sie in den Raum entschweben.)

Seine erste Anwendungsmöglichkeit könnte darin bestehen, daß es an Bord einer auf einer Umlaufbahn um den Mond befindlichen Raumkapsel dessen Massenverteilung kartographisch aufnimmt und so zeigt, wo sich seine Gebirge, Täler und Krater befinden und wie groß diese sind.

„Hiermit zeigt erstmalig ein Meßgerät, daß es extrem kleine Erdanziehungskräfte messen kann und dabei dennoch robust genug ist, an Bord eines Flugzeuges oder einer Raumkapsel zu arbeiten“, führte Dr. Robert L. Forward, der Leiter der Arbeitsgruppe aus, die das Abtastgerät entwickelt hat.

Dem neuen Massen-Abtastgerät sei ein im Jahre 1888 von dem ungarischen Physiker Baron Roland von Eötvös gebauter Torsionswaagen-Neigungsschwerkraftmesser vorausgegangen.

Dr. Forward erklärte, neben der Messung der Massenverteilung des Mondes und anderer Planeten biete das Gerät u. a. folgende Möglichkeiten:

1. An Bord einer Weltraumsonde könnte es die Masse kleinerer Himmelskörper wie diejenige der Asteroiden messen.
2. An Bord eines Flugzeuges könnte es mit großer Schnelligkeit Untersuchungen des Erdanziehungskraftfeldes durchführen, die zur Feststellung des Vorhandenseins von Öl- oder anderen Mineralvorkommen führen könnten.
3. An Bord eines Flugzeuges oder einer Rakete könnte es zusammen mit einem Trägheitsleitsystem dazu beitragen, daß das System die Unregelmäßigkeiten der Erdanziehung ausgleicht.

Des weiteren erläuterte er die dritte Anwendungsmöglichkeit, wobei er darauf hinwies, daß beispielsweise beim Überfliegen eines Gebirges ein Flugzeug oder eine Rakete Abweichungen in den darauf einwirkenden Gravitationskräften unterworfen ist. Hierbei könnte das Massen-Abtastgerät nämlich dem Rechenautomaten des Trägheitsleitsystems bedeuten: „Kümmere dich bitte nicht um den gerade eingegebenen Bruchteil von einem G, denn wir überfliegen soeben einen Berg.“

In der Prototypausführung des Unternehmens dreht sich der Abtaster mit 16 Umdrehungen pro Sekunde auf einem reibungsarmen Magnetlager in einem Vakuumgefäß. In dem Maße wie sich die mit Gewichten versehenen Enden drehen, werden die Torsionsbeanspruchungen durch ein flexibles Teil im Mittelpunkt des Gerätes abgetastet und an Meßgeräte weitergegeben, welche die Menge und Richtung der Schwerkraft anzeigen.

A. J. WALLIS

## Militärisches Satelliten-Nachrichtennetz der USA

Die Hughes Aircraft Company hat die vierzehnte und letzte ihrer auf dem Luftwege transportierbaren Mark 1 B Satellitenbodenstationen – die größte der Welt – zur Eingliederung in das militärische Satelliten-Nachrichtennetz der USA abgeliefert.

Dreizehn Stationen dienen zur Zeit der Sprech- und Fernschreibverbindung im Raum Südostasien-Pazifik, in den Vereinigten Staaten, Europa und Afrika. Die europäischen Stationen befinden sich in Landstuhl, Westdeutschland. Die 14. Station soll demnächst an einem noch nicht bekanntgegebenen Ort den Betrieb aufnehmen.

Dr. Nicholas A. Begovich, einer der Vizepräsidenten von Hughes, sagte in Fullerton, Kalifornien, die Bodenstationen empfangen und senden an ihren Standorten rund um den Erdball täglich 24 Stunden lang gesprochene und ferngeschriebene Mitteilungen. Sie dienen auch der Bildübertragung durch Funk. „Weitere Bodenstationen für das militärische Nachrichtensatellitennetz sind vorgesehen“, sagte Dr. Begovich, „aber künftige Anlagen werden wahrscheinlich von der Konstruktion her verändert werden, damit man mehr Nachrichtenkanäle erhält. Für die siebziger Jahre werden größere Bodenstationen – mit größeren Antennen als die charakteristischen Parabolantennen mit 13 m Durchmesser der Mark 1 Bs – als ständige, nicht transportable Anlagen erwogen. Die Technologie hat mit den 13-m-Antennen gerade die Grenzen der Transportierbarkeit erreicht. Größere Antennen bedeuten mehr Kanäle, über die man Nachrichten senden und empfangen kann. In dem Maße wie die militärischen Nachrichtensatelliten leistungsfähiger werden, steigt der Bedarf an Bodenstationen, die mit mehr Kanälen arbeiten können.“

Siebzehn nahezu synchrone Nachrichtensatelliten wurden vom Kap Kennedy durch die amerikanische Luftwaffe für das Verteidigungsministerium mit Erfolg gestartet. Diese Satelliten bilden zusammen mit den Mark 1 B und weiteren Schiffs- und Bodenstationen das Initial Defence Satellite Communications System (IDSCS) genannte Frühwarnsystem und werden ausschließlich zur Übermittlung militärischer Nachrichten verwendet. A. J. WALLIS

## Neue Definition der Sekunde

Die XIII. Conférence Générale des Poids et Mesures hat am 13. Oktober 1967 beschlossen, die Zeiteinheit im internationalen Einheitssystem wie folgt neu zu definieren. „Die Sekunde ist die Dauer von 9 192 631 770 Schwingungen der Strahlung, welche dem Übergang zwischen den zwei Hyperfein-Niveaus des Atoms von Caesium-133 im Grundzustand entspricht.“

Damit findet eine Entwicklung ihren vorläufigen Abschluß, welche vor ungefähr 15 Jahren mit der Einführung von Atomfrequenznormalen und Atomuhren ihren Anfang genommen hat.

Für das Studium der Bewegung der Himmelskörper werden die Astronomen weiterhin die Ephemeridensekunde verwenden, da ja die Ephemeridenzeit definitionsgemäß die unabhängige Veränderliche in den Formeln der Himmelsmechanik ist. (F. Egger im „Orion“, 105, 1968).

## Über den Endzustand der Sternentwicklung

Wie aus einer Arbeit der beiden italienischen Physiker CAZZOLA und LUCARONI (Nuovo Cimento 52 B, S. 411 ff., 1967) hervorgeht, verteilen sich die drei möglichen Endzustände der Sternentwicklung, weißer Zwerg, Neutronenstern und Gravitationskollaps, anders als bisher angenommen.

Nach den neuen Resultaten kann die Masse eines aus Neutronen bestehenden Sterns maximal 1,8 Sonnenmassen betragen. Damit ist der Gravitationskollaps nicht mehr das notwendige Schicksal aller Sterne mit mehr als 1,2 Sonnenmassen, welche ja zufolge des bereits vor 30 Jahren vom indischen Astrophysiker CHANDRASEKHAR erhaltenen Resultats nicht zu weißen Zwergen werden können, d. h. zu extrem dichten, aus Elektronen und nackten Atomkernen bestehenden, sogenannten entarteten Gaskugeln.

Da ein beträchtlicher Anteil aller Sternmassen zwischen 1,2 und 1,8 Sonnenmassen liegt, ist das Ergebnis von entsprechender Bedeutung. Es beeinflusst unter anderem die theoretische Häufigkeit der Supernovae. Die Diskrepanz zum früher angenommenen Wert der Neutronensternhöchstmasse erklärt sich dadurch, daß es offenbar bisher unterlassen worden ist, den Einfluß der bei Neutronenabständen unter etwa  $10^{-15}$  cm auftretenden Abstoßungskräfte sorgfältig einzurechnen. Da die genaue Struktur dieser Kräfte zur Zeit noch unbekannt ist, ist damit zu rechnen, daß später das Resultat noch zu revidieren ist, jedoch vermutlich um einen viel geringeren Betrag, als es soeben wurde. (Kurt Locher im „Orion“, 105, 1968.)

## Zum Flug von „Kosmos 215“

Die Erdatmosphäre ist für den Ultraviolett- (Kurzwellen) und den Infrarotbereich undurchlässig. Vor fast 100 Jahren beobachteten Astronomen, die das Sonnenspektrum untersuchten, einen jähren Abfall der Strahlung in dem Gebiet mit einer Wellenlänge von rund 3000 Angström. Das deutete darauf hin, daß die Erdatmosphäre Materie enthält, die die kurzwellige Ultra-

violetstrahlung absorbiert. Vor etwa 50 Jahren wurde die Ursache entdeckt. Es stellte sich heraus, daß eine Ozonschicht in 30 bis 70 Kilometer Höhe die Sonnenstrahlung im Spektralbereich zwischen 3000 und 1800 Angström praktisch vollständig absorbiert. Den noch kurzwelligeren Teil der Strahlung absorbiert im wesentlichen der molekulare Sauerstoff, der in Höhen über 150 und 200 Kilometer konzentriert ist. Deshalb können an dem ultravioletten Teil des Sonnenspektrums mit Hilfe von Apparaturen, die auf Aerostaten, Höhenflugzeugen oder in Hochgebirgsobservatorien installiert sind, keine astronomischen Beobachtungen vorgenommen werden. Dasselbe gilt für die Erforschung des Röntgenbereichs des Spektrums.

Indessen gilt dem Ultraviolet- und Röntgenbereich das besondere Interesse der Astronomen, die die Sonne, die jungen Sterne, die obere Erdatmosphäre, den interstellaren und den intergalaktischen Raum studieren. In diesem Bereich liegen die hellsten Spektrallinien, die sogenannten Resonanzlinien fast aller Elemente. Hier befindet sich auch ein Maximum an Strahlungen der heißen Sterne, deren Oberflächentemperatur 20 000 Grad übersteigt.

Man nimmt an, daß das verdünnte Gas, das zwischen den Galaxien liegt, auch in diesem Spektralbereich strahlen muß. Die Frage nach diesem Gas beschäftigt die Astronomen besonders. Hier konzentriert sich nämlich möglicherweise die Hauptmasse der Substanz des Alls. Von der realen Dichte des intergalaktischen Gases hängt das weitere Schicksal des Alls ab: Dauert die jetzt zu beobachtende Ausdehnung unbegrenzt an, oder wird sie von einer Kontraktion abgelöst? Die kosmologischen Theorien besagen: Wenn die Dichte des intergalaktischen Gases zehn Atome je Kubikmeter übersteigt, beginnt sich das All irgendwann in der Zukunft wieder zusammenzuziehen. Bei geringerer Substanzdichte wird die Ausdehnung unbegrenzt andauern.

Das interessanteste Problem, das Teleskope auf künstlichen Erdsatelliten oder Raumstationen lösen können, ist die Ermittlung der Natur der Röntgenquellen in der kosmischen Strahlung, die amerikanische Wissenschaftler vor rund sechs Jahren entdeckt haben. Heute ist ein halbes Hundert solcher Quellen bekannt. Ihre übergroße Mehrzahl konnte bisher noch mit keinen sichtbaren Objekten „verknüpft“ werden. Anfänglich vermutete man, die Quellen der Röntgenstrahlung seien die endlich entdeckten Neutronensterne, Objekte mit phantastischen Eigenschaften – einem Radius von nur wenigen Kilometern und einer Masse, die sich mit der Sonne vergleichen läßt. Das entspricht einer mittleren Dichte von 100 000 Tonnen je Kubikmillimeter. Die Oberflächentemperatur eines solchen Sterns würde mehr als zehn Millionen Grad betragen. Bisher haben sich diese für die Theoretiker verlockenden Vermutungen noch nicht bestätigt, obwohl sie sich auch nicht vollständig von der Hand weisen lassen.

Zwei Röntgenquellen sind mit den Resten längst aufgeflammerter „neuer“ Sterne identifiziert worden. Eine weitere wurde mit dem Nebel in Verbindung gebracht, der nach dem Aufblenden der Supernova aus dem Jahre 1054 zurückgeblieben ist. Diese Quelle, die sich im berühmten Krebsnebel befindet, ist im optischen Bereich und im Radiobereich am gründlichsten untersucht worden. Die auf Satelliten montierten Teleskope werden noch viele andere Geheimnisse der Röntgenstrahlungsquellen lüften.

Wir haben die wichtigsten Fragen genannt, mit denen sich die außeratmosphärische Astronomie, ein junger Zweig der experimentellen Astrophysik, beschäftigt. Damit sie gelöst werden können, wurde der künstliche Erdsatellit „Kosmos 215“ gestartet. Die Anfangsparameter seiner Umlaufbahn lauten: Umlaufzeit 91,1 Minuten, Apogäum 426 Kilometer, Perigäum 261 Kilometer, Neigungswinkel der Umlaufbahn zum Äquator 48,5 Grad. Diese Umlaufbahn ist gewählt worden, damit der Sputnik unterhalb der Strahlungsgürtel fliegt, die die Erde umgeben. Andernfalls würde ihr starker Rauschpegel einen „Hintergrund“ bilden, der an den Registriergeräten Störungen verursacht und die astronomischen Beobachtungen erschwert.

„Kosmos 215“ ist mit acht kleinen Teleskopen ausgestattet, deren Spiegel 70 mm Durchmesser haben. Sie sind für die Beobachtungen der Strahlungen der heißen Sterne in den verschiedenen Bereichen bestimmt: vom sichtbaren Teil des Spektrums bis zum ultravioletten Bereich mit der Wellenlänge 1225 Angström. Ein Röntgenteleskop registriert die Strahlung im Spektralbereich zwischen 0,5 und 5 Angström. Zwei Fotometer stellen die Sonnenstrahlung fest, die in der oberen Atmosphäre des Planeten gestreut wird. Außerdem befindet sich an Bord des Satelliten eine Apparatur, die die Beobachtungsergebnisse zur Erde funkt.

Bei der Lösung von der letzten Stufe der Trägerrakete vollführt der Sputnik gewöhnlich in einem Zeitraum von einigen Dutzend Sekunden eine unkontrollierte Drehung. Während des Fluges wirken verschiedene Störkräfte auf ihn ein, die den Satelliten zusätzlich in Drehung versetzen können. Dazu gehören die Rotation der verschiedenen Motoren innerhalb des Satelliten bzw. Sputniks und die asymmetrische Wirkung der Erdatmosphäre, die ihn bremst. Das Blickfeld der Teleskope ist aber nur etwa ein Grad groß. Bei einer Drehung des Sputniks könnte jeder Stern nur etwa eine Zehntelsekunde lang beobachtet werden. Mit anderen Worten: Sterne mit geringer Strahlungsintensität ließen sich infolge der unzureichenden Expositionszeit gar nicht beobachten.

Die Drehung der Sputniks mußte somit auf etwa ein Prozent verlangsamt werden. Zu diesem Zweck wurde in „Kosmos 215“ ein magnetisches Dämpfungssystem eingebaut. An einer mehrere Meter lange Stange wurde ein starker Dauermagnet angebracht, der mit dem Magnetfeld der Erde in Wechselwirkung steht. Er ist in speziellen Kugellagern montiert, die

eine starke Reibung erzeugen. Durch diese Vorrichtung wird die Rotationsenergie des Satelliten schnell in Wärme umgewandelt, die die Kugellager erwärmt. Während der gesamten aktiven Existenz des Satelliten wurde dadurch seine Drehung auf einem ziemlich konstanten Stand gehalten: eine Drehung in 40 Minuten bis einer Stunde. Der Sputnik war mit chemischen Stromquellen ausgestattet, die ihm mehr als einen Monat lang eine normale Funktion gewährleisteten.

Nahezu 150 Funkverbindungen kamen zustande, in deren Verlauf Speichervorrichtungen die Informationen registrierten und Kommandos zur Umschaltung der Apparatur und der Hilfsvorrichtungen erteilt wurden. Die gesamte Apparatur von „Kosmos 215“ arbeitete normal. Die Berechnungen der Konstrukteure wurden durch die Praxis bestätigt.

„Kosmos 215“ hat erst vor ganz kurzer Zeit seinen Flug beendet, doch die planmäßige Bearbeitung des gewonnenen Materials hat schon begonnen. Es ist so umfangreich, daß ohne elektronische Datenverarbeitungsanlagen gar nicht daran zu denken wäre, auch nur einen kleinen Teil der Fernmeßinformation zu bearbeiten. Das gilt vor allem für die Orientierungsberechnung der optischen Achse der Teleskope. Ohne elektronische Datenverarbeitungsanlagen müßten mehrere qualifizierte Mathematiker an der Lösung nur dieser Aufgabe ihr ganzes Leben arbeiten. Nicht minder umfangreich sind die Berechnungen, die zur Bearbeitung der Angaben der wissenschaftlichen Geräte durchgeführt werden müssen.

Prof. D. Martynow, Prof. W. Michailow, Prof. W. Matwejew und W. Kurt, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften in der „Prawda“ vom 9. 6. 1968, nach „Presse der SU“, 76/68.

## Astronomische Schnellnachrichten

Der Versand der astronomischen Schnellnachrichten des Zentralen Fachausschusses Astronomie wird nach einjähriger Unterbrechung wieder aufgenommen. Wir bitten alle Fachgruppen und Einzelinteressenten, die die weitere Zusendung wünschen, um schriftliche Bestellung.

Deutscher Kulturbund, 104 Berlin, Hessische Straße 11/12

## Amateure beobachten und berichten

### Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Vierteljahr 1968

Refraktor: 50 mm		Vergrößerung: 30fach	
$R_m$ = Monatsmittelwert	n = Anzahl der Beobachtungen		
Monat	$R_m$	n	
Januar	74,0	7	
Februar	74,8	11	
März	58,5	20	
1. Vierteljahr	65,6	38	

Der Mittelwert für das erste Vierteljahr liegt höher als jeder Mittelwert des vorigen Jahres, so daß die Zunahme der Aktivität im allgemeinen anhält. Besonders lebhaft war die Fleckenbildung in der ersten Hälfte des Januar, Ende Februar und während der letzten Märzdekade. Sehr eindrucksvoll war das Bild vom 1. Februar, an diesem Tage wurde im 1. Vierteljahr ein Maximalwert von  $r = 140$  erreicht, 10 Gruppen mit 40 Einzelflecken. Die größte Gruppe war von langgestreckten Hofbrücken umgeben und hatte eine Ausdehnung von ungefähr 135 000 km.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

# MITTEILUNGEN



## DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT MITGLIED DER IAF

---

---

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

### Automatische Bildübertragung von Wettersatelliten

HANS-DIETER NAUMANN

Bei den ersten Wettersatelliten, die ausschließlich Experimentalzwecken dienen, wurden die Wolkenfotos zunächst im Satelliten auf Spezialmagnetbandgeräten gespeichert und bei Überfliegen einer der – zunächst nur in geringer Anzahl vorhandenen – Bodenstationen auf Abruf überspielt. Bereits in dieser Phase erwiesen sich diese Wolkenfotos – die ersten 10 „Tiros“-Satelliten übermittelten mehr als eine halbe Million (siehe Tab. 1) – als außerordentlich wertvolle Hilfsmittel der Wetterprognose. Um jedoch bei ihrer Einbeziehung in die Arbeit des Wetterdienstes ein Höchstmaß an Effektivität zu erreichen, war es notwendig, bei den Einsatzsatelliten eine Methode der Bildübermittlung anzuwenden, die die bis dahin unvermeidliche Zeitverzögerung zwischen Aufnahme der Fotos und Auswertmöglichkeit ausschaltet. Die Erfüllung dieser Forderung ist durch eine laufende Bildübermittlung möglich, die jedoch andererseits im Interesse der Wirtschaftlichkeit eine gewisse Mindestzahl von Bodenstationen notwendig macht.

Es waren deshalb weiter folgende Forderungen zu realisieren:

1. Der Aufwand der Bodenstationen muß möglichst gering sein. Das Übertragungsverfahren muß an für andere terrestrische Funkdienste übliche Verfahren angelehnt sein, um weitgehend auf vorhandene Techniken und Geräte zurückgreifen zu können.
2. Das Übertragungsverfahren muß eine zuverlässige Bildübermittlung mit geringen Informationsverlusten bei kurzzeitigen Empfangsstörungen garantieren, d. h. es kommt nur ein relativ langsames Übertragungsverfahren in Frage.

**Tabelle 1: Nutzbare Betriebsdauer und übermittelte Wolkenfotos der ersten 10 „Tiros“-Satelliten (nach Krittman).**

TIROS-Satellit	Nutzbare Betriebsdauer (Tage)	Übertragene Fotos
1	89	23 000
2	376	36 100
3	230	35 000
4	161	32 600
5	321	58 200
6	389	66 600
7	928	122 500
8	743	101 300
9 *	345	67 900
10 *	185	56 900

Stand: Februar 1966

\* dabei noch in Betrieb

Ein diesen Anforderungen weitgehend genügendes Verfahren ist das in den USA entwickelte APT (Automatic Picture Transmission)-System, das sich seit „Tiros 8“ in verschiedenen Modifikationen im Einsatz befindet und zur Errichtung zahlreicher Bodenstationen in aller Welt geführt hat.

#### Wie arbeitet das APT-System?

Das Kamerasystem (Brennweite 5,7 mm, Öffnungsverhältnisse 1 : 1,8. Öffnungswinkel 107°, bei 900 km Bahnhöhe Aufnahme eines Erdteils von etwa 1700 km Kantlänge bei 2...3 km Auflösung [2]) projiziert das Bild auf einen 11,2 × 11,2 mm großen Ladungsträger einer sogenannten Vidicon-Röhre. Es handelt sich hierbei um einen elektrooptischen Bildwandler, dessen Kernstück eine lichtempfindliche Halbleiterschicht ist, die ihren elektrischen Widerstand bei Lichteinfall ändert. Während der 40 m sec dauernden Belichtung baut sich auf dieser Schicht auf Grund dieser Eigenschaft ein sogenanntes Ladungsrelief auf, das ein elektronisches Abbild des aufgenommenen Fotos darstellt. Die Belichtungszeit wurde so niedrig gewählt, daß die Bewegungsunschärfe, bedingt durch die Umlaufgeschwindigkeit des Satelliten, kleiner als 10 Prozent eines Bildelementes ist und somit unterhalb des kleinsten noch erkennbaren Details liegt.

Dieses Relief wird nunmehr von einem fein gebündelten Elektronenstrahl punktweise abgetastet, wobei an dem jeweils erfaßten Punkt ein Strom von dieser Schicht zu einer vor ihr angeordneten, hauchdünnen und durchsichtigen Metallschicht fließt. Dieser Stromimpuls ist ein Maß für die Helligkeit des betreffenden Bildpunktes, da er um so stärker ist, je stärker dieser vorher belichtet wurde. Auf diese Weise entsteht eine durch Funkwellen übertragene Folge elektrischer Impulse, von denen jeder einen Bildpunkt darstellt. Nach der Übertragung aneinandergereiht, rekonstruieren sie das ursprüngliche Bild. Jedes Bild wird in 800 Zeilen zerlegt und mit einer Zeilenfrequenz von 4 Hz übertragen. Der Vorgang dauert 200 sec. Mit diesen Parametern werden die eingangs erhobenen Forderungen nach einem „langsamen“ Übertragungsverfahren erfüllt. Die weitgehende Anlehnung an die Daten von Bildfunkeinrichtungen erlaubt die Bildaufnahme mit „handelsüblichen“ Telebildempfängern mit relativ geringen Änderungen.

Mit dem auf oben beschriebene Weise entstandenen Videosignal wird nun ein 2,4 kHz-Hilfsträger amplitudenmoduliert, wobei der Modulationsgrad 0 bis 80 Prozent beträgt. Es liegt eine sogenannte Positivmodulation vor, was bedeutet, daß die Amplitude der 2,4 kHz-Schwingung der Helligkeit des jeweiligen Bildpunktes proportional ist, der Information weiß also die größte Amplitude entspricht.

Mit diesem Hilfsträger wird erst die Schwingung moduliert, die der Satellit abstrahlt. Sie liegt bei 136 bis 137 MHz und wird mit einem Hub von  $\pm 10$  kHz frequenzmoduliert. Die Leistung beträgt 4 bis 5 W. Es liegt also hier ein kombiniertes AM/FM-Modulationsverfahren vor (im Gegensatz zu den bei der Telemetrie meist angewandten FM/FM-Verfahren), dessen Anwendung ebenfalls auf das Bestreben zurückzuführen ist, den Bildempfang mit konventionellen Funkbildempfängern zu ermöglichen.

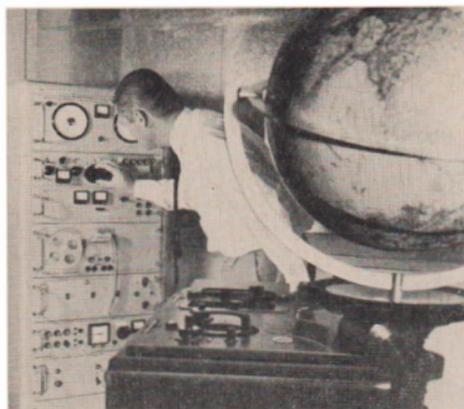
Der Gesamtvorgang der Bildübertragung dauert 208 sec. Er beginnt mit einem 3 sec dauernden Startsignal von 300 Hz, dem ein 5 sec dauerndes Einphasungssignal für die Empfänger folgt. Die eigentliche Bildübertragung beansprucht demnach 200 sec.

### **Empfangsanlagen für APT-Sendungen**

Die Entwicklung des APT-Systems wurde geleitet von dem Bestreben, den Bildempfang mit möglichst einfachen Bodenstationen zu ermöglichen, die auch für kleinere Wetterstationen erschwinglich sein sollten. Die maximalen Kosten einer Anlage wurden mit 30 000 ... 50 000 Dollar beziffert. Um allen Institutionen den Selbstbau derartiger Anlagen zu ermöglichen, wurden die Daten des APT-Systems rechtzeitig bekannt gegeben. Als erstes wurden vor dem Start von Tiros 8 von den USA 42 von der „Electronic Systems Division of Fairchild Stratos“ gebaute Stationen in Betrieb genommen, von denen 4 die NASA, 1 die US-Army, 19 die USAF, 6 die US-NAVY und 12 der amerikanischen Wetterdienst erhielten. Inzwischen sind in vielen Ländern (u. a. auch der DDR) Anlagen geschaffen und von den Wetterdiensten in Betrieb genommen worden. Beim Aufbau derartiger Stationen ist auf geringen Raumbedarf, Unempfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse, einfache Bedienbarkeit und hohe Zuverlässigkeit besonderer Wert zu legen, um die Aufstellung in den Arbeitsräumen der Wetterwarten zu ermöglichen.

Im Prinzip besteht eine solche Empfangsstation aus einer Antenne, die die Signale einem VHF-Empfänger zuführt. Von hier gelangen sie in den Demodulator, wo die eingangs beschriebenen Bildimpulse wiedergewonnen werden. Anschließend werden diese Impulse einem Telebildempfänger zugeleitet, wo sie die Helligkeit einer Lampe steuern, deren Lichtstrahl das Bild auf einer rotierenden Bildwalze aufzeichnet. Auf dieser Walze befindet sich das lichtempfindliche Papier. Mit diesem Verfahren wird eine bessere Bildqualität gewährleistet als mit elektro-chemischen Verfahren, da etwa 20 abgestufte Grauwerte möglich sind im Gegensatz zu rund 7 bei dem letztgenannten.

Abb. 1 zeigt die erste außerhalb der USA industriell gefertigte APT-Empfangsanlage der westdeutschen Firma Rohde & Schwarz GmbH, München. Die Anlage wird in 2 Versionen geliefert, der Grundausrüstung NU 4402 sowie einer durch Lochstreifen-Antennensteuerung, Kleinquarzuhr, Zeitdrucker und Einschaltautomatik erweiterten „Standardausrüstung“ NU 4403. Beide Anlagen sind in Bausteinweise aufgebaut. Das Blockschaltbild der Grundvariante zeigt Abb. 2. Als Empfangsantenne dient eine biaxial montierte, ferngesteuerte Wendel-(Korkenzieher)-Antenne mit zirkularer Polarisation. Die Antennensteuerungen sind mit kollektorlosen Motoren ausgerüstet und verfügen über alle Elemente, die die Nachrüstung mit der Programmsteuerung ermöglicht. Die Antennensignale gelangen an den Eingang eines VHF-Überlagerungsempfängers mit zweimaliger Frequenzumsetzung. An dessen Ausgang befindet sich der FM-Demodulator, der den 2,4-kHz-Hilfsträger zurückgewinnt. Da seine Amplitudenschwankungen ein Maß der jeweiligen Bildhelligkeit sind, steuert er den Lichtstrahl der Aufzeichnungslampe eines Telebildempfängers, für den eine Ausföhrung der Fa. Dr. Hell, Kiel, zur Anwendung kommt. Der Lichtstrahl zeichnet das Bild auf dem sich auf einer rotierenden Bildwalze befindlichen Film auf.



**Abb. 1: VHF-Empfangsanlage für APT-Bildsendungen von Wettersatelliten. Im Hintergrund links das Empfängergerüst, im Vordergrund der Telebild-Empfänger der Fa. Hell, Kiel.**

Beim Ausbau zur Variante NU 4403 ist u. a. eine Antennenprogrammsteuerung vorgesehen, die nach dem Schrittschaltwerkprinzip arbeitet und von einem fünfspurigen Lochstreifen gesteuert wird. Die Programmsteuerung ist in Verbindung mit dem Öffnungswinkel des Antennendiagramms so ausgelegt, daß es für eine Bodenstation genügt, für einen Satelliten konstanter Bahnhöhe und -neigung etwa 10 Lochstreifen vorzubereiten. Jeder dieser Streifen ist einem Segment der sich über der Station erhebenden Himmelskugel zugeordnet. Aus der Bahnvorhersage ist der jeweilige Streifen, in dessen zugehörigem Segment sich der Satellit bewegen wird, auszusuchen und in das Steuergerät einzulegen. Damit ist eine denkbar einfache Bedienung möglich.

Weiterhin ist die Erweiterung um einen Zeitdrucker möglich, der das Ende des Startsignals und damit den Zeitpunkt der Öffnung des Kameraverschlusses festhält und mit Jahres-, Monats-, Tages-, Stunden-, Minuten- und Sekundenangaben auf einem Papierstreifen ausdrückt. Die Ansteuerung des Zeitdruckers erfolgt durch eine Kleinquarzuhr, die auch die Normalfrequenz für die Programmsteuerung liefert. Als vierter Erweiterungsbaustein ist schließlich ein VHF-Vorverstärker vorgesehen.

Anlagen dieser Art befinden sich beim westdeutschen Wetterdienst in Offenbach sowie beim schwedischen Wetterdienst im Einsatz. Eines der ersten Fotos, das mit einer solchen Anlage in München aufgenommen wurde, zeigt Abb. 3.

Eine Anlage ähnlicher Art wurde inzwischen auch in der DDR entwickelt und befindet sich seit 1966 beim zentralen Wetterdienst in Potsdam im Einsatz.

### **Die bisherigen APT-Satelliten**

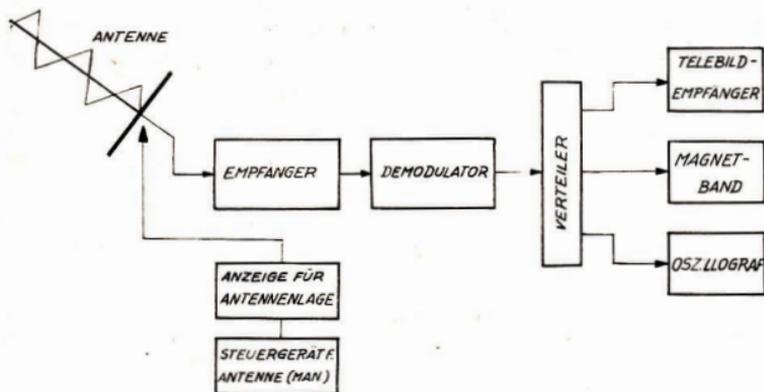
Aus Platzgründen ist es nicht möglich, an dieser Stelle alle bisher gestarteten APT-Satelliten ausführlich zu beschreiben. Es sei auf die schon in dieser Zeitschrift erschienenen Veröffentlichungen zu verschiedenen dieser Flugkörper verwiesen, vor allem aber auf die „Schnellinformationen der DAG“ (Verf. K. H. Neumann), wo sich eine lückenlose Übersicht befindet. Der Vollständigkeit halber ist in Tab. 2 ein tabellarischer Überblick mit einigen Daten gegeben.



**Abb. 3: Ein Sonntag über der Iberischen Halbinsel, gesendet von NIMBUS A aus 500 km Höhe, aufgenommen mit der VHF-Empfangsanlage von Rhode & Schwarz in München.**

**Tabelle 2: Übersicht über Satelliten mit automatischer Bildübertragung (Stand: 1. Quartal 1967).**

Satellit	Start	Stabilisierung	APT-Kameras	Bemerkungen
Tiros 8	21. 12. 1963	raumstabilisiert durch Eigenrotation, Kamera wies immer in eine Richtung	1	Erprobung des APT-Systems sowie zugehöriger Bodenanlagen
Nimbus A	28. 8. 1964	erdstabilisiert	1	polare, sonnensynchrone Bahn
Essa 2	28. 2. 1966	Rotation des Satelliten um eine Achse senkrecht zur Bahnebene (rollendes Rad)	2	sonnensynchrone Bahn, 2. Satellit der TOS-Serie
Nimbus C	15. 5. 1966	wie Nimbus A	1	nachts erstmalig Übermittlung von IR-Fotos über APT-System
(ATS-B)	7. 12. 1966	die von diesem Satelliten nicht nach dem APT-System zur Erde ausgestrahlten Bilder werden zusammengestellt und von der Bodenstation Mojave nach dem APT-System weiterverbreitet)		
Essa 4	26. 1. 1967	wie Essa 2	2	Satellit vom Typ TOS-B, Nachfolger für Essa 2, der Ende 1966 verstummte



**Abb. 2:** Blockscha der VHF-Empfangsanlage NU 4402 von Rhode & Schwarz, München.

### Entwicklungstendenzen

Durch die automatische, laufende Bildübermittlung wurden die Voraussetzungen geschaffen, Wolkenfotos unmittelbar nach ihrer Aufnahme auszuwerten. Die Möglichkeit des Empfangs mit einfachen und leicht bedienbaren Bodenstationen unterstützt die schnelle Verbreitung dieser neuen Methode der Meteorologie. Nachteilig ist, daß jede Station nur Aufnahmen erhält, die aus ihrer unmittelbaren Umgebung stammen, bei einem 900 km hoch umlaufenden Satelliten z. B. aus einem Umkreis von etwa 2500 km Radius. Eines der künftigen Probleme ist die weltweite Ausstrahlung der Wolkenfotos, was durch sinnvolle Kombination von Wetter- und Nachrichtensatelliten möglich ist. Pläne in dieser Richtung liegen bereits vor, ihre Realisierung ist aber wegen verschiedener technischer Fragen, z. B. der der Frequenzen, nicht einfach. Während man für die Übermittlung zwischen den Satelliten prinzipiell beliebige Übertragungsverfahren anwenden kann, müssen alle zum Boden ausgestrahlten Signale, sowohl vom Satelliten direkt als auch über Nachrichtensatelliten, nach dem gleichen System erfolgen, um auch dann mit einheitlichen Bodenstationen auskommen zu können.

Für die zur Verfügung gestellten Firmenunterlagen sowie für das verwendete Bildmaterial dankt der Verfasser der Rohde & Schwarz Handels-GmbH, Westberlin.

### Literatur:

1. Krittman, J. M.: Pictures from Space. Electronic-Age, 25 (1966), H. 2, S. 6-10.
2. Huber, F. R.: Eine Empfangsanlage für Wettersatelliten mit laufender Bildübermittlung. Sonderdr. Nr. 65/2 der Fa. Rohde & Schwarz, München.
3. Tuner, M.: Elektronenaugen im Weltraum, Telekosmos-Verl., Stuttgart, 1965.
4. Laufende Berichte der Fachpresse zu den Starts der einzelnen Wettersatelliten.

# Anwendungsmöglichkeiten der Bionik in der Weltraumfahrt

HANS-K. REMANE

Die Kybernetik entwickelte sich in den letzten Jahren zu einem selbständigen Wissenschaftszweig. Ihre stürmische Entwicklung spiegelt sich auf der einen Seite durch eine wesentliche Vertiefung der theoretischen Grundlagen, was sich auch in einem Anwachsen der Fachliteratur dieses Gebietes deutlich zeigt, und auf der anderen Seite durch eine immer breiter werdende Anwendungsskala in der Praxis wider.

Mit der Entwicklung der kybernetischen Technik entwickelten sich auch die elektronischen Digitalrechner. Mit letzteren ist es möglich, auch die kompliziertesten mathematischen Probleme auf relativ einfache arithmetische Grundoperationen zurückzuführen, und was auch von nicht geringerer Bedeutung ist, daß sich die Möglichkeit bietet, mit ihnen Prozesse der menschlichen Geistestätigkeit zu erfassen.

Neben dieser hier nur angedeuteten Vielseitigkeit lassen sich mit der kybernetischen Technik auch höhere Geschwindigkeiten erreichen. Dies gilt sowohl in bezug auf die hohen Rechengeschwindigkeiten der elektronischen Rechenanlagen als auch auf die Steuerung und Regelung verschiedener Arbeitsprozesse.

Zwangsläufig taucht hierbei die Frage auf, inwieweit sich der Mensch den ständig wachsenden Geschwindigkeiten anpassen kann.

Nehmen wir ein Beispiel an: Zwei Düsenjäger kommen mit einer Fluggeschwindigkeit von 3 Mach in entgegengesetzter Flugrichtung in einem Abstand von 150 m aus den Wolken. Was passiert? Ohne automatische Bordanlagen würden diese beiden Düsenjäger unweigerlich zusammenstoßen. Die Ursache dieses Unfalles ist dann in der Trägheit des menschlichen Nervensystems und in der begrenzten Reaktionsgeschwindigkeit des Menschen zu suchen.

Die Zeit, die der Mensch benötigt, um eine zielgerichtete Antwort auf eine empfangene Information zu geben, setzt sich zusammen aus der durch die Trägheit der Sinnesorgane bedingten Reaktionszeit, der Zeit zur Weiterleitung der Nervenimpulse von den Sinnesorganen zur Großhirnrinde und der Zeit für die Informationsverarbeitung im Gehirn bis zur Entschlußfassung und Koordinierung einer Tätigkeit. Diese Zeit, vom Informationsempfang bis zur Reaktionsleistung, beträgt nicht weniger als 0,1 Sekunden.

Raumschiffe, die bekanntlich mit einer beträchtlich höheren Geschwindigkeit wie die in unserem Beispiel angeführten Düsenjäger, fliegen, könnten bei dieser langsamen Reaktionsgeschwindigkeit des Menschen, plötzlich die Flugbahn kreuzenden Meteoriten nicht mehr ausweichen und eine Havarie wäre unvermeidbar.

Kybernetische Einrichtungen übertreffen hierbei hinsichtlich der Arbeitsgeschwindigkeit den menschlichen Organismus beträchtlich und garantieren eine genaue Steuerung. Trotz dieser unbestreitbaren Vorzüge bleibt der Mensch auch in Zukunft das wichtigste und zum Teil auch zuverlässigste Glied dieser Systeme.

Die modernen kybernetischen Maschinen arbeiten in der Regel nach einem vom Menschen festgelegten Programm und besitzen die Fähigkeit, entsprechende Informationen zu speichern. Demgegenüber sind aber die Mechanismen und Algorithmen

des menschlichen Denkprozesses noch weitgehend unerforscht. Die Kenntnis dieser Prozesse würde zwangsläufig die Konstruktion von Geräten ermöglichen, welche die höhere Nerventätigkeit des Menschen nachbilden könnten. Die Erforschung dieser Mechanismen zu dem Zweck, sie für den Entwurf und die Konstruktion der verschiedenen technischen Anlagen nutzbar zu machen, bildet den Inhalt der noch relativ jungen Wissenschaft der Bionik.

Somit ist die Bionik die Wissenschaft, welche biologische Prozesse und Methoden mit dem Ziel untersucht, die sich ergebenden Erkenntnisse bei der Vervollkommnung und der Schaffung neuer Maschinen und Systeme anzuwenden. Allgemein kann also gesagt werden, daß es sich um die Schaffung von Systemen handelt, die ähnliche Merkmale wie lebende Organismen aufweisen. Demzufolge behandelt die Bionik auch die Methoden und Mechanismen zur Aufnahme, Übertragung und Vorarbeitung der Information in lebenden Organismen.

Eine wesentliche Rolle spielt auf diesem Gebiet die Ausnutzung der Bioströme. Unter Bioströmen versteht man die Summenpotentiale, beispielsweise an Muskelfasern, die durch Elektroden abgenommen werden können. Diese Bioströme kann man per Funk über beliebige Entfernungen übertragen. Hierdurch erscheint es möglich, einem Kosmonauten im Raumschiff zu Hilfe zu kommen, indem man ihm ein sogenanntes Biotelegramm übermittelt, welches ihm genau vorzeichnet, wie er in dieser oder jener Situation zu handeln hat.

Zur Anwendung der Bionik in der Weltraumfahrt zeigte das Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Anatoli Blagonrawow vor einiger Zeit in einer Stellungnahme folgende Möglichkeit auf:

„Wir stellen heute bereits die Frage nach der Schaffung eines Roboters, der faktisch unser Doppelgänger sein wird. Auf unseren Wunsch hin wird er beispielsweise auf dem Mars Forschungsmaterial sammeln, während wir in Moskau sind. Es geht jedoch nicht um die Schaffung eines einfachen mechanischen Roboters, der in der Lage ist, das ihm übertragene Programm auszuführen, sondern vielmehr um die Schaffung eines Roboters, der unseren Gedanken gehorchen wird, also um einen Bioroboter. Das ist keine Mystik und keine Phantastik!“

Ein derartiger Roboter der uns seine Empfindungen über Tausende von Kilometern mitteilt, läßt sich im Prinzip schaffen. Vielleicht werden derartige Bioroboter die ersten Erforscher unserer Planeten sein. Dabei darf man aber keinesfalls von der Vorstellung ausgehen, daß dieser Bioroboter unbedingt in Form und Aussehen dem Menschen gleichen muß. Die Gestalt des Bioroboters wird durch die Funktionsaufgaben seiner Bauelemente und ihrer Eigenart nach den Grundsätzen der technischen Ästhetik festgelegt sein. Das wichtigste ist ja nicht die Form, sondern in erster Linie das eigentliche Wesen des Doppelgängers.

Bevor man aber an die Schaffung solcher Bioroboter geht und diese zu Forschungszwecken auf anderen Planeten einsetzt, befassen sich die Bionikspezialisten mit einer anderen Frage, die für die weitere Erforschung des Weltraumes ebenfalls von besonderer Bedeutung ist:

Besteht die Möglichkeit, unmittelbar im Raumschiff einen lebenden Organismus mit seiner Vielzahl vollkommener Steuerungsmechanismen an Stelle einiger komplizierter technischer Systeme zu verwenden?

Es hat sich in der Vergangenheit erwiesen, daß die Zuverlässigkeit der modernen kybernetischen Systeme, in ihrer Gesamtheit betrachtet, heute noch geringer als die jedes seiner einzelnen Baugruppen ist. Dagegen sind die lebenden Organismen, die sich ja von der Natur in Millionen von Jahren herausgebildet haben, als Gesamtheit betrachtet, weitaus zuverlässiger als jedes einzelne Organ, aus dem sie bestehen.

Durchgeführte Untersuchungen in der zurückliegenden Zeit haben ergeben, daß der Einsatz lebender Organismen an Stelle technischer Systeme im Raumschiff durchaus real ist.

Jedes lebende Gewebe verfügt über bestimmte Eigenschaften, auf Umweltreize anzusprechen. So wurden beispielsweise Versuche durchgeführt, bei denen Stubenfliegen als Indikatoren für Gase eingesetzt wurden. Zu diesem Zwecke wurden an die Nervenknotten des Fliegenkopfes winzige Elektroden angeschlossen. Die im Fliegenkopf entstandenen elektrischen Signale wurden anschließend verstärkt. Aus den verschiedenen, zum Teil sehr unterschiedlichen Signalen, wurde dann der Impuls herausgefunden, der die Gefahr einer Vergiftung durch Gas anzeigte. Diese Aufgabe erfüllte ein Analysator, der bei der Reaktion der Fliege auf Gas wirksam wurde. Sobald die Fliege das Gas spürte, gab sie sofort Bioströme, die nach entsprechender Verstärkung automatisch eine Alarmanlage auslösten.

Somit erscheint es also möglich, tierische Organismen mit einfachen technischen Systemen zu verbinden und mit ihnen auch kompliziertere Aufgaben, wie z. B. die Steuerung eines Raumschiffes, zu lösen.

Die zentrale Aufgabe der Bionik in der Weltraumfahrt besteht also in der Erforschung der Mechanismen, die die physiologischen Funktionen bei der Einwirkung der Faktoren des Weltraumfluges regulieren.

Jeder lebende Organismus ist ein kompliziertes dynamisches System, das sich selbst reguliert und außerdem über die Fähigkeit verfügt, sich den vielfältigsten Bedingungen anzupassen. Die Erforschung der möglichen Tätigkeiten des Kosmonauten in- und außerhalb der Raumschiffkabine, sowie die ärztliche Kontrolle werfen zwangsläufig derartige Probleme auf, wie Systeme der biologischen Steuerung geschaffen werden können.

Diese Biosteuerung wäre notwendig, wenn der Kosmonaut großen Überbelastungen ausgesetzt ist.

Die Biosteuerung von Signal- und Rettungseinrichtungen bei Defekten, z. B. die durch Bioströme ausgelöste rasche Sauerstoffzufuhr, gehört zu den Aufgaben, die auch in unmittelbarer Beziehung zur Sicherheit eines Raumflugunternehmens stehen.

Abschließend kann also festgestellt werden, daß die Bionik hauptsächlich zur Unterstützung von zwei Hauptfunktionen beim Raumflug eingesetzt werden kann.

1. Bei Funktionen, die der Mensch für das Raumfahrzeugsystem leisten muß. Hierunter fallen der Einsatz im Rahmen der Systemsteuerung für Sauerstoff, Feuchtigkeit usw., damit der Kosmonaut frei für das Treffen von Entscheidungen und Erledigung seiner wissenschaftlichen Arbeiten ist.
2. Bei Funktionen, die das Raumfahrzeugsystem für den Menschen leisten muß. Hierzu gehören u. a. Absorption unbrauchbarer Gase, Diagnose und Behandlung von Krankheiten und Verletzungen.

## Die Druckschriften des Zeiß-Planetariums in Jena

Die Druckschriften des Zeiß-Planetariums Jena sind von berufenen Fachleuten geschrieben, reich bebildert, sehr preiswert und stellen zusammengenommen eine kleine astronomische Bibliothek dar. Obwohl in gewisser Hinsicht auf die Belange des Zeiß-Planetariums zugeschnitten, sind sie in ihrer naturwissenschaftlichen Aussage doch universell. Im Astronomieunterricht der Schulen werden sie gern als Lehrheftchen benutzt.

Die vorhandenen Schriften sind hier zusammengestellt. Die Planetariumsleitung ist bereit, diese Heftchen in beschränktem Umfang unter Mitberechnung des Portos zu versenden, da sie sonst im Buchhandel nicht angeboten werden. Volkssternwarten und Fachgruppen sollten dabei von Sammelbestellungen Gebrauch machen.

H. WOLF

Titel	Nummer	Preis
		M
Zeitmessung und Kalender	18-057-1	0,20
Die Erde als Kreis	18-059-1	0,20
Der Stern von Bethlehem	18-060-1	0,20
Die astronomische Deutung der Vision Kaiser Konstantins	18-061-1	0,20
Kulturgeschichtliches Gut am Sternhimmel	18-062-1	0,20
Die Bewegung der Sonne	18-063-1	0,20
Kometen, Meteore und Sternschnuppen	18-064-1	0,20
Das Sonnensystem	18-065-1	0,20
Astronomie und Astrologie	18-066-1	0,20
Sternbegegnungen	18-068-1	0,20
Der Sternhimmel in Nord und Süd	18-069-1	0,20
Der Sternhimmel 1967	18-070-1	0,40
Der Mond	18-071-1	0,20
Der Mars	18-073-1	0,20
Sphärische Astronomie	18-074-1	0,20
Astronomie im Zeiß-Planetarium	18-075-1	1,50
Kämpfe um das astronomische Weltbild	18-076-1	0,20
Der Jupiter	18-077-1	0,20
Sonnen- und Mondkultus im Altertum	18-078-1	0,20
Die Stellung der Erde im Weltraum	18-079-1	0,20
Orientierung nach Gestirnen	18-080-1	0,20
Sternbilder und Sternsagen	18-081-1	0,30
Das Zeiß-Planetarium	18-082-1	0,40
Die kleinen Planeten	18-083-1	0,20
Der Andromedanebel	18-084-1	0,20
Der Saturn	18-086-1	0,30
Die Natur der Sonne	18-087-1	0,20
Was zeigt der Zeiß-Feldstecher am Sternhimmel	18-088-1	0,30
Ein Besuch im Zeiß-Planetarium Jena	18-089-1	0,20
Merkur und Venus	18-090-1	0,20
Die Erde als Planet	18-091-1	0,30
Sonnen- und Mondfinsternisse	18-092-1	0,30
Die äußeren Planeten	18-093-1	0,30

15080  
**Astronomie und Raumfahrt**

vj 31229 4/66

1-E

Wollert

110-Berlin

Kissingenplatz 10

*Di  
10.3.72*



# Astronomie und Raumfahrt

1968 **4**

## Inhalt

	Seite
Über die Bildung von Gashydraten im Kern von Kometen · <i>W. Strubell</i> . . . . .	97
Über Eisenmeteorite · Wurden sie bereits von den Urmenschen genutzt? · <i>Johannes Classen</i> . . . . .	103

### Amateure beobachten und berichten

Langjährige Mittel der monatlichen Halo-Tage · <i>Dr. Werner Sandner</i> . . . . .	110
Besonders schöne Sonnenfinsternis auf Jupiter · <i>H. Schmalwasser</i> . . . . .	110

### Bildseiten

Die Mundrabilla-Meteorite . . . . .	111
Wetterbilder: Skandinavien . . . . .	112/113
Wetterbilder: Der Mittelmeer-Raum . . . . .	114

### Aus der Literatur

Neues Spiegelteleskop in der UdSSR — Von der Mikrowelt zum Kosmos . . . . .	115
Der Mensch — künftiger Bauherr im Kosmos . . . . .	3. Umschlagseite

### Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Die Erforschung und Nutzung des Mondes vom Standpunkt des Weltraumrechts · <i>Prof. Dr. Gerhard Reintanz</i> . . . . .	117
Aufgabenstellung und Instrumentierung der Satelliten der OGO-Serie · <i>Karl-Heinz Neumann</i> . . . . .	119
Großbritannien scheidet aus der ELDO aus · <i>Prof. Dr. Gerhard Reintanz</i> . . . . .	126
Vladimir Mandl — der Vater des Weltraumrechts · <i>Prof. Dr. Gerhard Reintanz</i>	127

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lamprecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Ruhle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11-12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1968 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, Halle (S.), Geiststraße 22

# Über die Bildung von Gashydraten im Kern von Kometen

W. STRUBELL

Bekanntlich kann man sich den Kern eines Kometen als eine Wolke von unzähligen Einzelpartikeln, als eine Meteoritenwolke, vorstellen [1], deren Packung mehr oder weniger dicht ist. Whipple [2] ist nun außerdem der Meinung, daß diese Meteoritenteilchen mit Eispartikeln ein teilweise sehr kompaktes Konglomerat bilden.

In den Spektren von Kometen findet man unter anderem die Linien von Kohlenwasserstoff-, Ammoniak- und Wasser-Ionen bzw. Radikalen und Ammoniak. Diese Spaltstücke stammen aus Muttermolekülen, die besonders durch Fluoreszenzanregungen vom Sonnenlicht oder Photodissoziation entstanden sind [3]. Die sichtbaren Emissionen der Spaltstücke kann man sich aus  $H_2O$ -,  $NH_2$ -,  $CH_2$ -,  $N_2$ - und  $CO_2$ -Molekülen entstanden denken. Außerdem könnte noch Schwefelwasserstoff vorhanden sein, welcher nach v. Klüber [4] in Meteoriten gefunden wurde.

Betrachten wir die Verdampfungswärme der Muttermoleküle, die mit Ausnahme von Wasser alle zwischen 2200 und 7400 cal/mol liegen, so finden wir, daß diese mit den Verdampfungswärmen bzw. Desorptionswärmern, die aus Beobachtungen von Kometen erhalten wurden, gut übereinstimmen [5].

Diese Gedanken von Whipple sind von Delsemme und Swings [6] weiter entwickelt worden. Die Verfasser gehen von der Beobachtungstatsache aus, daß die Gasentwicklung im Kometen bereits bei 200 °K stattfinden müßte, also etwa in Entfernungen von  $r = 2$  A. E. beginnt. Dies ist nun in der Tat der Fall. In kurzer Zeit müssen alle vorhandenen  $CH_4$ -Moleküle verdampft und durch photochemische Prozesse in die beobachtbaren Radikale bzw. Ionen CH und  $CH^+$  umgewandelt sein. Dies widerspricht aber der Tatsache, daß Radikale und Ionen des Methans auch in großer Sonnennähe im Kometenkopf vorhanden sind. Es müssen demnach Muttermoleküle existieren, die wesentlich weniger flüchtig sind, also einen entsprechend niedrigeren Dampfdruck besitzen. Solche Eigenschaften könnten Gashydrate besitzen. Die Entdeckung der ersten Gashydrate gelang bereits Davy [7] im Jahre 1810. Unabhängig von Einzelheiten muß als sicher angesehen werden, daß das  $H_2O$ -Gerüst 8 Hohlräume auf 48 Wassermolekeln besitzt. Das  $H_2O$ -Gerüst der Gashydrate besteht aus einer Eismodifikation, die nur beständig ist, wenn deren Hohlräume mit chemisch indifferenten, also hydrophoben, möglichst kugelförmigen Molekeln von einer Größenordnung, die der der Hohlräume des Eises angepaßt sind, umgeben sind. Neben Methan, Äthan und Äthylen sind auch Argon, Krypton und Xenon zur Hydratbildung befähigt [8, 9]. Die Zusammensetzung der Gashydrate ist abhängig von der Größe des Innendurchmessers der Eishohlräume. Bei vollständiger Besetzung aller Hohlräume mit Hydratbildnern M (Durchmesser kleiner als 5,2 Å) ergibt sich für die Zusammensetzung der Verbindung folgende Formel:  $8 M \cdot 46 H_2O$  bzw.  $M \cdot 5,75 H_2O$ .

Haben die Hydratbildnermoleküle einen Durchmesser von 5,2 bis 5,9 Å, so erhält man die Zusammensetzung:  $6 M \cdot 46 H_2O$  bzw.  $M \cdot 7,66 H_2O$ .

Im folgenden müssen nun die Bildungsbedingungen der Gashydrate sowie deren Beständigkeit bei vorgegebenen Temperaturen und Drücken untersucht werden, um daraus Rückschlüsse über Bildung und Zerfall unter Kometenbedingungen ableiten zu können.

Bei rein physikalischer Adsorption sind die Bildungsenergien  $W$  gegeben durch

$$W = - \sqrt{L_M \cdot L_{H_2O}}$$

wenn  $L_M$  und  $L_{H_2O}$  die Verdampfungswärmen des Adsorbens und des Adsorbierten sind [10].

Geht man von der Trouton'schen Regel aus

$$\frac{\text{Verdampfungswärme } L_M}{\text{Siedetemperatur } T_s} = 21 \frac{\text{cal}}{\text{mol grad}},$$

und setzt für die Verdampfungswärme des von größeren Aggregaten befreiten Wassers [11].

$$L_{H_2O} = 8000 \text{ cal/mol, (normal: } L_{H_2O} = 539,1 \cdot 18,02 = 9715 \text{ cal/mol)}$$

so ergibt sich:

$$W = - \sqrt{21 \cdot T_s \cdot 8000} = - 410 \cdot \sqrt{T_s}.$$

Die Entropieänderung bei der Verflüssigung ergibt nach Trouton ungefähr 21 Clausius, und für die Verfestigung wird der Wert 1 Clausius angenommen unter der Voraussetzung, daß zwischen dem gewöhnlichen Eis und diesem festen  $H_2O$ -Gerüst kein Unterschied besteht und weil die Hydratbildner in den Käfigen wahrscheinlich rotieren und daher noch eine erhebliche Entropie besitzen:  $\Delta S = -(21 + 1) = -22 \cdot \text{cal/grad}$ . Die Temperaturabhängigkeit von  $W$  und  $\Delta S$  kann vernachlässigt werden.

Die freie Enthalpie der Reaktion  $M_{\text{gasf}} + n H_2O_{\text{fest}} = \text{Hydrat}$  ist bei 273 °K, wenn wir von  $M$  als Gas von 1 Atm ausgehen:

$$\begin{aligned} R \cdot T \cdot \ln P &= W - T \cdot \Delta S \\ &= - 410 \cdot \sqrt{T_s} - T \cdot (-22). \end{aligned}$$

$$\ln P = \frac{- 410 \cdot \sqrt{T_s} + T \cdot 22}{R \cdot T}$$

$$\log P = \frac{- 410 \cdot \sqrt{T_s} + 273 \cdot 22}{198 \cdot 273 \cdot 2,30} = - 0,32 \cdot \sqrt{T_s} + 4,8.$$

Die aus dieser Überschlagsrechnung ermittelten Werte entsprechen etwa den experimentell bestimmten Drucken bei Gashydraten [12].

Diese Rechnung läßt sich leicht erweitern, wenn man die maximale Siedetemperatur, bei der gerade noch eine Hydratbildung möglich ist, bestimmen will. Zur Hydratbildung ist es stets nötig, daß der Dampfdruck des flüssigen Hydratbildners  $M$  größer als der Partialdruck von  $M$  über dem Hydrat ist. Im Grenzfall dürfen beide gleich sein. Aus der Clausius-Clapeyronschen Gleichung läßt sich der Dampfdruck des flüssigen Hydratbildners berechnen:

$$\ln p = - \frac{L}{R \cdot T} + \text{const.}$$

Am Siedepunkt gilt  $p = 1 \text{ Atm}$ ,  $T = T_s$  und  $L_{T_s} = 21 \cdot T_s$ . Durch Einsetzen der Werte und Umformen auf dekadischen Logarithmus erhält man:

$$\log p = - \frac{21 \cdot T_s}{2,3 \cdot R \cdot T} + 4,6$$

und für  $T = 273 \text{ °K}$  ergibt sich  $\log p = - 0,0169 \cdot T_s + 4,6$ .

Setzt man  $\log p = \log P$ , so ergibt sich eine Siedetemperatur  $t_s$  von etwa 60 °C bei einem Druck von 1 Atm. Dieses Ergebnis, daß nämlich Stoffe mit Siedetempera-

turen über 60° C keine einfachen Gashydrate bilden, stimmt durchaus mit der Praxis überein, obwohl von einer derartigen Rechnung (kleine Differenzen großer Zahlen) eine genaue Übereinstimmung nicht erwartet werden kann.

Weiterhin konnte festgestellt werden [11, 13], daß die Enthalpien und Entropien der Hydratbildung aus den festen Komponenten nahezu gleich Null sind.

Zur Bestimmung der Beständigkeit der Gashydrate in Kometen setzen wir nun

$$\log p = - \frac{410 \sqrt{T_s} + T \cdot 22}{2,3 \cdot R \cdot T} \quad R = 1,98$$

und für  $p = 0,3, 0,03$  und  $0,003$  Atm erhalten wir für

$$T = \frac{410}{22 \cdot 4,55 \cdot \log p} \cdot \sqrt{T_s}$$

T °K ist dann die Temperatur bei dem entsprechenden Druck, bei der das Gashydrat gerade noch beständig ist. Für Methan, Äthan und Äthylen sind die Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengefaßt:

**Tabelle 1: Beständigkeit der Gashydrate**

P Atm	T °K (CH <sub>4</sub> )	T °K (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	T °K (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )
0,3	180	270	219
0,03	152	228	184
0,003	131	197	159

Interessant ist, daß Schwefelwasserstoff zusammen mit den in Tabelle 1 aufgeführten Kohlenwasserstoffen Doppelhydrate bilden kann, deren Stabilität gegenüber der Temperatur noch größer ist als die der einfachen Gashydrate.

Den Doppelhydraten muß die Formel  $8 M \cdot 16 H_2S \cdot 136 H_2O$  bzw.  $M \cdot 2 H_2S \cdot 17 H_2O$  zugeschrieben werden. Ungeklärt ist, warum nur H<sub>2</sub>S (und H<sub>2</sub>Se) solche Doppelhydrate bilden können, während alle anderen Molekeln bis zu einem Durchmesser von 4,8 Å keine derartigen Verbindungen eingehen [14]. In den Doppelhydraten besitzt das Eis ein kubisches Gitter, in dem auch die kleinen Hohlräume mit Schwefelwasserstoff besetzt sind. Außer diesen Doppelhydraten gibt es dann noch sogenannte Mischhydrate. Gitter und Besetzung sind hier wie bei den Doppelhydraten, nur sind zusätzlich die kleineren Hohlräume in nicht stöchiometrischem Verhältnis von Molekeln B mit größtem Durchmesser von 4,8 Å besetzt.

Diese Molekeln werden oft als Hilfgas bezeichnet (z. B. Stickstoff). Die Besetzung der kleinen Hohlräume im Eisgitter ist vom Hilfgas-Druck abhängig. Mischgase hätten dann folgende Formel:  $M \cdot < 2 B \cdot 17 H_2O$ .

Da die Bindungskräfte sowohl in Doppelhydraten als auch in Mischhydraten theoretisch noch nicht geklärt sind, sind Rechnungen bezüglich der Beständigkeit nicht möglich. Die größere Beständigkeit der Doppel- und Mischhydrate in Abhängigkeit von Druck und Temperatur konnte aber im Experiment bewiesen werden [15]. Man sieht also, die Möglichkeiten der Zusammensetzung von Gashydraten sind sehr mannigfaltig und damit auch ihre Aufklärung sowie ihre Reaktionen in Kometenatmosphären, besonders dann, wenn die Temperatur im Kometen durch Annäherung an die Sonne so groß wird, daß sie zerfallen. Nehmen wir mit Whipple [2] ein Eis-Staub-Partikel-Konglomerat an, so wird bei den in Tabelle 1 angegebenen erreichten Temperaturen nicht nur ein Zerfall der Gashydrate stattfinden, sondern gleichzeitig auch das ganze Konglomerat zum Teil sogar explosionsartig zerstört werden; denn selbst wenn das Gas aus dem Eiskristall nur langsam verdampfen würde, würde das Eiskristall zerbrechen und ebenfalls verdampfen. Damit wird auch erklärlich, daß die Gasproduktionen bei Kometen viel größer sind als

man früher annahm und daß viel mehr Moleküle produziert werden, die Sauerstoff enthalten, als solche, die in der Form von CN, C<sub>2</sub> und CO<sup>+</sup> in Erscheinung treten [16]. Die gesamte auf den Kometen treffende Energie im Abstand einer astronomischen Einheit von der Sonne ist gleich der Solarkonstanten  $S = 31,6 \cdot 10^{-3}$  cal/cm<sup>2</sup> · sec. Nimmt man mit Huebner [17] an, daß sich der Kometenkern mit einer Periode von etwa einem Tage dreht, so daß sich die Sonnenstrahlung, die auf den Querschnitt  $R^2 \cdot \pi$  eintrifft, im zeitlichen Mittel auf die gesamte Oberfläche  $4R^2\pi$  verteilt ( $R =$  Kernradius), so ist die durchschnittlich pro Zeit- und Oberflächen-einheit eintreffende Energie

$$J_e = S/4 = 7,90 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

Unter Abzug von Absorption und Streuung im infraroten Bereich und Albedo gelangt Huebner [17] zu dem Ergebnis, daß 90 Prozent der Sonnenstrahlung auf den Kern auftrifft.

$$J_a = 0,9 J_e = 7,10 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

Die Sonnenenergie, die auf den Kometenkern auftrifft, erwärmt aber nicht nur die Oberfläche, sondern auch das Innere [18], besonders, wenn der Komet noch weiter von der Sonne entfernt ist; bei Annäherung an die Sonne überwiegt die Verdampfung leicht flüchtiger Substanzen, was der Erwärmung der Kometenoberfläche entgegenwirkt und den Temperaturgradienten klein hält. Wir können also mit Donn und Urey [19] annehmen, daß die Temperatur der Schichten nahe der Oberfläche etwa 150 °K beträgt. An der Kernoberfläche wird für die Verdampfung und Ausstrahlung pro Flächen- und Zeiteinheit die Energie

$(1 - A) \cdot J_r = \frac{Q}{R^2} \frac{L}{N_0} + (1 - A) \sigma \cdot T^4$  verbraucht. ( $A =$  Albedo,  $L =$  Verdampfungswärme cal/mol,  $N_0 = 6,025 \cdot 10^{23} =$  Loschmidt'sche Zahl,  $\sigma = 1,35 \cdot 10^{-12}$  cal/cm<sup>2</sup>/sec °K<sup>4</sup>).

Für den Energiegleichgewichtszustand gilt

$$1 - A \frac{J_a}{r_h^2} = Z \cdot \frac{L}{N_0} + (1 - A) \sigma \cdot T^4,$$

wo das Glied auf der linken Seite die auf der Kernoberfläche pro cm<sup>2</sup> und sec absorbierte Strahlungsenergie darstellt;  $r_h$  ist der heliozentrische Abstand in astronomischen Einheiten und  $J_a$  die durch Abschirmung verringerte und auf die Gesamtoberfläche des Kernes gleichmäßig verteilte Sonnenenergie. Die Anzahl  $Z$  der verdampfenden Moleküle wurde von Huebner [20] berechnet und graphisch ausgewertet und festgestellt, daß für  $r_h = 1$  a.E.  $Z > 10^{17}$  cm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> und für leichtflüchtige Substanzen sogar  $Z > 10^{18}$  wird.

Für einen Kernradius  $R = 10^6$  cm wird die Ergiebigkeit

$$Q = Z \cdot R^2 > 10^{29} \text{ Moleküle/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{sterad.}$$

Diese enorm hohe Gasentwicklung hat aber auch zur Folge, daß von der Kernoberfläche Staub und Eisteilchen vom entweichenden Gas in die Atmosphäre mitgerissen werden, die zunächst den Kern vor der Sonneneinstrahlung abschirmen, wodurch die Gasentwicklung auf der Kernoberfläche gedrosselt wird. Jedoch in etwa 10 km Höhe über der Kernoberfläche verlieren diese Eisteilchen, die eine Lebensdauer von etwa 3<sup>h</sup> haben, ihre Abschirmwirkung. Die Entweichungsgeschwindigkeiten der Eisteilchen

$$v_E = \sqrt{\frac{2G \cdot M_E}{R}} = \left( \frac{8G \cdot \pi}{3} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot R \quad (G = \text{Gravitationskonstante})$$

wird erreicht nach der Zeit

$$\tau_E \approx 3,51 \cdot 10^6 \left( \frac{V/T}{R} \right) \frac{1}{2} \quad (\text{nach Huebner und Weigert [21]})$$

Für unsere Betrachtungen haben wir stets eine Kopftemperatur von  $\sim 150^\circ\text{K}$  vorausgesetzt [19] und angenommen, daß Methan vor allem das Gas ist, welches mit Eis Gashydrate bildet. Tabelle 1 zeigt aber, daß bei einem Druck von 0,03 Atm Gashydrate des Methans nicht mehr beständig sind, wohl aber die Doppelhydrate  $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{S}$  und die Mischhydrate, bei denen vor allem Stickstoff als Hilfs gas dient. Neben Methan werden in Kometenspektren auch  $\text{C}_2$  — und  $\text{C}_3$  Banden gefunden [22], die nach Haser und Lüst [23] als Bruchstücke von  $\text{C}_2\text{H}_6$  und  $\text{C}_3\text{H}_8$  gedeutet werden müssen. Wir haben aber neben Methan auch mit Äthan, Äthylen und Propan in Kometenkernen zu rechnen.

Wir wollen nun unsere anfänglichen Berechnungen über die Stabilität von Gashydraten auf Gashydrate von Gasmischung ausdehnen und gehen daher von einem Erdgas aus, das experimentell untersucht wurde [12].

**Tabelle 2: Zusammensetzung eines Erdgases und eines Gashydrates**

Komponente	im Gas	im Hydrat
$\text{CH}_4$	82,50 %	56,95 %
$\text{C}_2\text{H}_6$	7,05 %	17,18 %
$\text{C}_3\text{H}_8$	3,26 %	25,87 %

Interessant ist in diesem Zusammenhang, wieviel Prozent der Erdgasbestandteile im Gashydrat angetroffen werden. Welche Gründe für eine derartige Verteilung vorliegen, konnte noch nicht ermittelt werden.

Wir nehmen an, daß eine ähnliche Gasmischung auch in Kometenatmosphären vorliegt, berechnen von dieser Gasmischung das scheinbare Molekulargewicht zu 25,7 und daraus nach Große [24] den mittleren Siedepunkt zu  $-112^\circ\text{C} = 161^\circ\text{K}$ . In Tabelle 3 sind die Ergebnisse in Abhängigkeit vom Druck aufgeführt.

**Tabelle 3: Beständigkeit des Mischgas-Gashydrates**      **Tab. 4: Verdampfungswärmen r**

P Atm	T °K Mischgas	p	r
0,3	214	0,3	3400 cal/mol
0,03	176	0,03	3700 cal/mol
0,003	156	0,003	3900 cal/mol

Das Ergebnis zeigt, daß Gashydrate von Gasmischen bei der bisher angenommenen Temperatur von  $150^\circ\text{K}$  in Kometenkernen durchaus beständig sind.

Zur Abschätzung der Molekülergiebigkeit benötigen wir die Verdampfungswärme unserer „Flüssigkeit“ (verflüssigtes Gas). Auf Grund des errechneten Molekulargewichts und der Siedetemperatur ergeben sich die in Tabelle 4 angegebenen Verdampfungswärmen [24].

Daraus läßt sich nach Huebner [20], Tabelle 5, in Abhängigkeit von der heliozentrischen Entfernung die Molekülergiebigkeit Z abschätzen.

**Tabelle 5: Molekülergiebigkeit Z in Abhängigkeit**

von der heliozentrischen Entfernung  $r_h$

$r_h$	Z	$r_h$	Z
1	$10^{18}$	4	$6 \cdot 10^{16}$
2	$2 \cdot 10^{17}$	5	$3 \cdot 10^{16}$
3	$10^{17}$	6	$2 \cdot 10^{16}$

**Tabelle 6:**

$\tau_E$  in Abhängigkeit von T

T °K	$\tau_E$ sec
214	$13,3 \cdot 10^3$
176	$12,7 \cdot 10^3$
156	$12,4 \cdot 10^3$

Die Entweichungsgeschwindigkeit  $v_E$  der Gas- und Eisteilchen aus dem Kometenverband berechnet sich auf  $2,4 \cdot 10^3$  m/sec. Für die Gravitationskonstante wurde nach W. Müller [25] der Wert von  $7 \cdot 10^{-6}$  eingesetzt. Die Zeit  $\tau_E$ , die benötigt wird, ist abhängig von der Zersetzungstemperatur der Gashydrate (siehe Tabelle 3) und dem Radius  $R$  des Kometenkopfes ( $R = 10^6$  cm). Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

In diese Eis-Gas-Verbindungen (Gashydrate) sind naturgemäß auch feste Staubteilchen mit eingebettet, die beim Zerfall der Gashydrate mit dem Eis zusammen vom Kometenkopf weggerissen werden. Das Eis mit seinem höheren Siedepunkt als die Gase verdampft dabei erst in der Kometenatmosphäre. Huebner und Weigert [21] konnten nun zeigen, daß die Menge und Größe der mitgerissenen Teilchen ausreichen kann, um den Kern merklich gegen die Sonnenstrahlung abzuschirmen. Dadurch wird aber gleichzeitig die Verdampfung unterdrückt, so daß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen der Einstrahlung und der Ausstrahlung und der Verdampfung einstellt. Störungen dieses Gleichgewichts können nun dadurch auftreten, daß die Abschirmung besonders groß wird. Dann vermindert sich die Sonneneinstrahlung und die Verdampfung kann evtl. ganz aufhören [26].

Mit diesen Betrachtungen lassen sich nun beobachtete Helligkeitsausbrüche von Kometen zunächst näherungsweise deuten. Leider ist es auch heute noch schwierig, alle Linien in Spektren von Kometen zu deuten. Man will ja versuchen, mit Raketen Kometen anzusteuern, um sie besser beobachten zu können [23]. Hoffen wir, daß in diesem Zusammenhang auch dieses Problem gelöst werden kann.

#### Literatur:

- [1] N. Richter: Statistik und Physik der Kometen, Leipzig 1954, S. 31.
- [2] F. L. Whipple: Astrophys. Journ. 111, 375 (1953); 113, 464 (1951); 121, 750 (1955).
- [3] K. Wurm: Mitt. Hamburger Sternwarte, Bd. 8, Nr. 51 (1943).
- [4] H. v. Klüber: Das Vorkommen der chemischen Elemente im Kosmos, Leipzig 1931.
- [5] B. J. Lewin: Ber. Akad. Wiss. UdSSR, 38, 82 (1943).
- [6] A. H. Delsemme und P. Swings: Ann. d'Astrophys. 15, 1 (1952).
- [7] H. Davy: Phil. Trans. Roy. Soc. (London) 101, 1 (1811).
- [8] P. Villard: Compt. rend. hebdom. Séance Acad. Sci. 123, 377 (1896).
- [9] R. de Forcand: ebenda 176, 335 (1923); 181, 15 (1925).
- [10] A. Eucken und E. Wicke: Grundriß der physikalischen Chemie, Leipzig 1958, S. 146.
- [11] M. v. Stachelberg: Z. Elektrochem. 58, 104 (1954).
- [12] H. J. Meier: Dissertation T. H. Hannover 1964.
- [13] D. N. Glew: Journ. physic. Chem. 66 (1962).
- [14] siehe [12] S. 13.
- [15] L. J. Noaker und D. L. Katz: J. Petroleum Technol. 6, (9) 135 (1954).
- [16] L. Biermann und E. Treffts: Z. Astrophys. 59, 1 (1964).
- [17] W. F. Huebner: ebenda 63, 22 (1965).
- [18] M. G. Minaert: Proc. Acad. Sci. Amsterdam 50, 826 (1947).
- [19] B. Donn und H. C. Urey: Astrophys. Journ. 123, 339 (1956).
- [20] W. F. Huebner: Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. math. nat. Kl. 1965, München 1966
- [21] W. F. Huebner und A. Weigert: Z. Astrophys. 64, 185 (1966).
- [22] J. Dufay: Comité national français d'Astronomie, Réunions scientifiques des 22-24 Oct. 1946 p. 32.
- [23] L. Haser und Rh. Lüst: Raumfahrtforschung 10, 196 (1966).
- [24] L. Große: Arbeitsmappe für Mineralölingenteure, Düsseldorf 1954.
- [25] W. Müller: Raumfahrtforschung 10, 157 (1966).
- [26] A. Weigert: Astronom. Nachr. 285, 117 (1958).

# Über Eisenmeteorite

Wurden sie bereits von den Urmenschen genutzt?

JOHANNES CLASSEN

Unweit der Südküste von Australien wurden im März 1966 durch die beiden Geologen R. B. Wilson und A. S. Cooney bei der Ölsuche zwei große und über 100 kleine Nickeleisenmassen entdeckt, die zweifellos einem und demselben Meteoritenfall angehören. Die geographischen Koordinaten des Fundortes sind  $\lambda = 127^{\circ} 33' E$  und  $\varphi = 30^{\circ} 47' S$ . Das Gebiet gehört zu Westaustralien, liegt aber unweit der Grenze nach Südastralien. Die dortige Gegend ist flach und wird als Nullarbor-Ebene bezeichnet. Im Norden schließt sich an dieses Gebiet die Große Victoria-Wüste an. Der neue Meteoritenfund erhielt den Namen Mundrabilla [1].

Die Nickeleisenmassen waren schon einige Jahre früher von einem Jäger gesehen worden, aber letzterer starb, bevor er die Lage der Fundstelle genau beschrieben hatte. Die beiden Hauptmassen wiegen nach den letzten Berichten 10–12 t und 5,5 t. Die größere Masse (Abb. 1, S. 111) ist über 2 m lang, sie soll in das Museum von Westaustralien kommen. Die kleinere Masse (Abb. 2, S. 111), die etwa 180 m von der größeren entfernt liegt, will man zerteilen. Der Meteoritenschauer kam nach Lage der 1,5 km langen Splitterzone aus westlicher Richtung, seine Geschwindigkeit muß verhältnismäßig klein und seine Bahneigung verhältnismäßig steil gewesen sein. Mineralogisch gehören die Mundrabilla-Meteorite zur Gruppe der Oktaedrite. Sie enthalten große Körner Troilit = FeS, Kohlenstoff in Form von Graphit sowie Schreibersit =  $(Fe Ni Co)_3 P$ .

Die beiden Entdecker haben einen ausführlichen Bericht veröffentlicht [2]. Als Beweismaterial fügen sie sechs Aufnahmen bei, darunter eine Farbaufnahme. Allerdings ist die letztere sehr „rotstichig“, so daß das abgebildete Objekt eher an Rochlitzer Porphyry erinnert als an meteoritisches Nickeleisen. Allein gute Farbaufnahmen ganzer Meteorite gelangen bisher nur in Ausnahmefällen [3]. Erwünscht wäre allerdings die Aufnahme von einem Anschliff gewesen.

Die beiden neuen Funde stellen die größten bisher in Australien entdeckten Meteorite dar. Vorher galt als größter australischer Meteoritenfund derjenige von Cranbourne bei Melbourne in Südostaustralien, der 1854 gemacht wurde und der aus zwei Massen von 3,731 t und 1,5 t Gewicht bestand [4]. Auch bei dem Kraterfeld von Henbury in Mittelastralien wurde 1930 erhebliches meteoritisches Material, insgesamt mehrere hundert Kilogramm, gefunden.

Der größere der beiden Mundrabilla-Meteorite ist aber nicht nur für Australien von Bedeutung. Er stellt vielmehr, da er über 10 t wiegt, auch einen neuen „Großmeteorit“ dar [5], von welcher Meteoriten-Kategorie bisher auf der Erde nur 10 Stück bekannt waren. Großmeteorite besitzen auch nach oben hin einen Grenzwert, denn ein Meteorit mit zu großer Masse erleidet in der Erdatmosphäre keine nennenswerte Abbremsung mehr und schlägt nahezu mit seiner ursprünglichen geozentrischen Geschwindigkeit auf die Erde auf, die zwischen 11,2 km/sec (parabolische Geschwindigkeit!) und etwa 60 km/sec liegt. Dadurch kommt es zur Explosion und zur völligen Verdampfung des Meteoriten. Man findet in der Literatur die Angabe, daß alle Meteorite mit mehr als 100 t Masse letzteres Schicksal erleiden [6], und man bezeichnet derart große Meteorite als „Riesenmeteorite“.

Alle bis jetzt aufgefundenen Großmeteorite, also alle Meteorite zwischen 10 t und 100 t Masse, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Hierbei wurden die neuesten Massenangaben benutzt, so beispielsweise für Hoba und Mboi diejenigen, die 1965 W. Gentner [7] mitteilt. Früher wurden für diese beiden Großmeteorite kleinere Massen angegeben, und zwar für den 2,95 m langen würfelförmigen Hoba-Meteoriten 60 t und für den 3,4 m langen splitterartigen Mboi-Meteoriten 12 t. Für den 3,3 m langen Cape York-Meteoriten lagen dagegen früher höhere Massenschätzungen vor, sie reichten bis 59 t, ja 1908 sprach man sogar von 70 t. Der neue Mundrabilla-Meteorit nimmt unter den nunmehr bekannten 11 Großmeteoriten den zehnten Platz ein. Mineralogisch gehören alle diese Großmeteorite zu den Eisenmeteoriten.

**Tabelle 1: Die Großmeteorite**

Name	Land	Fundzeit	Masse
Hoba	Südwafrika	1920	70 t
Cape York — Ahnighite („Zeit“)	Grönland	1818	31 t
Urumschi — Sinkiang	China, Wüste Gobi	1963	30 t
Bacubirite — Ranchite	Mexiko	1871	27 t
Mboi — Tanganjika	Ostafrika	1930	25 t
Cape York — Agpalilik	Grönland	1963	15 t
Willamette — Oregon	USA	1902	14,175 t
Chupadero — Chihuahua	Mexiko	1852	14,1 t
Otumpa — Gran Chaco	Argentinien	1783	13,6 t
Mundrabilla	Westaustralien	1966	12 t
Morito — Chihuahua	Mexiko	1600	11 t

Betrachtet man die Massenangaben von Tabelle 1 genauer, so fällt eine Häufung der Massen zwischen 11 t und 31 t auf. Darüber liegt nur noch der Hoba-Meteorit mit 70 t, der möglicherweise einen Ausnahmefall darstellt. Aus allen diesen Zahlen kann man vielleicht schließen, daß entgegen obiger Literaturangabe auch die meisten Meteorite zwischen 31 t und 100 t Masse die Erdatmosphäre ohne wesentliche Abbremsung durchfliegen und verdampfen, das heißt also, zur Gruppe der „Riesenmeteorite“ gehören. Die untere Grenze für Riesenmeteorite wäre demnach von 100 t auf etwa die Hälfte herabzusetzen. Daß es keine scharfe Grenze geben wird, das heißt, daß sich der Bereich der Großmeteorite etwa mit dem Bereich der Riesenmeteorite überdeckt, ist selbstverständlich.

Hinsichtlich der geographischen Verteilung der Großmeteorite zeigt Tabelle 1, daß die meisten dieser Objekte, nämlich sieben Stück, auf die westliche Hemisphäre (2 Grönland, 5 amerikanischer Kontinent) entfallen. Allerdings rühren die drei in Mexiko gefundenen Großmeteorite mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem einzigen Fall her, und auch die beiden grönländischen Funde entstammen sicherlich einem und demselben Meteoritenschauer.

Auffallend leer bleibt der riesige Landkomplex Europa — Asien — Nordafrika, denn auf dieses Gebiet entfällt bis jetzt nur ein einziger Großmeteorit. Zwar ging am 12. 2. 1947 auch im Sichte-Alin-Gebirge nördlich Wladiwostock (UdSSR) ein großer Meteoritenschauer nieder, bei dem 37 t meteoritisches Nickeleisen gefunden wurden. Die Gesamtmasse der niedergefallenen Bruchstücke wird sogar auf über 100 t geschätzt. Aber die etwa 1000 einzelnen Bruchstücke waren nur bis 1,745 t schwer. Der ursprüngliche Meteorit hatte aus einer einzigen Nickeleisenmasse bestanden, diese zersprang beim Durchflug durch die Erdatmosphäre in viele Einzelstücke, und von den entstandenen Bruchstücken zersplitterten noch viele beim Aufschlag auf den festen, an dieser Stelle aus Kalkstein bestehenden Erdboden [8].

W. G. Fessenkow gelang es, die Bahn des Meteoriten vor dessen Zusammenstoß mit der Erde zu bestimmen. Es ist eine schwach elliptische Bahn um die Sonne, die in den Planetoidengürtel hineinreicht. mit einer geozentrischen Geschwindigkeit des Meteoriten vor dessen Eintritt in die Erdatmosphäre von 14,5 km/sec. Der Sichote-Alin-Meteorit war also vielleicht vorher ein Zwergplanetoid von schätzungsweise etwa fünf bis zehn Meter Größe.

Was noch einmal kurz die über 100 t schweren, bei ihrem Aufschlag explodierenden „Riesenmeteorite“ anbelangt, so war der letzte bekannte Fall dieser Art der Tunguska-Meteorit vom 30. 6. 1908 in der sibirischen Taiga (UdSSR). Es handelte sich hierbei nach W. G. Fessenkow mit großer Wahrscheinlichkeit um einen Kometenkern [9]. Ein solcher besteht meist aus gefrorenen Gasen und Wasser mit Beimengungen von eingeschlossenem Nichteisen und Silikaten. Tatsächlich war der Tunguska-Meteorit offenbar sehr locker aufgebaut. Als Masse wird ein Wert zwischen  $10^9$ – $10^7$  t angenommen, als Durchmesser des Körpers einige hundert Meter, als mittlere Dichte eine solche wesentlich kleiner als  $1 \text{ g/cm}^3$ . Die geozentrische Geschwindigkeit soll verhältnismäßig groß (35–60 km/sec.), die Bahnneigung gegen die Erde sehr flach ( $10^\circ$ ) gewesen sein.

Zu dem Explosionsvorgang selbst sei noch bemerkt, daß bei 1 kg Meteoritenmasse, welche mit einer Geschwindigkeit von 20 km/sec auf die Erde auftrifft, eine kinetische Energie von 50 000 kcal frei wird. Falls nur 10 Prozent dieser Energie zur Erwärmung der Meteoritenmasse verwendet werden, reicht diese bei weitem aus, um die gesamte Meteoritenmasse zu verdampfen.

Der Tunguska-Meteorit explodierte wahrscheinlich schon in 5–6 km Höhe über dem Erdboden, so daß sich an der Aufschlagstelle kein Krater bildete. In vielen Fällen jedoch, vor allem wenn Riesenmeteorite bis zur Erdoberfläche gelangen, entstehen im Erdboden große Kraterbildungen. So wurden beispielsweise der Canon-Diablo-Krater in Arizona/USA (Durchmesser 1,3 km) und höchstwahrscheinlich auch der Ries-Krater bei Nördlingen in Süddeutschland (Durchmesser 18–24 km) durch niedergehende Riesenmeteorite erzeugt. In der Nähe derartiger Meteoritenkrater wird manchmal etwas meteoritisches Material gefunden. Dieses splitterte in der Erdatmosphäre von der Hauptmasse ab und entging dadurch der Verdampfung.

Insgesamt sind bis jetzt nach J. H. Freeberg [10] etwa 110 irdische Krater bekannt, die wahrscheinlich auf Meteoriteneinschläge zurückgeführt werden müssen. 57 von diesen 110 Kratern befinden sich in Nordamerika, was vor allem davon herrührt, daß Nordamerika bis jetzt am intensivsten nach Meteoritenkratern durchforscht wurde. Bei 11 Kratern fand man in der Nähe größerer Mengen meteoritisches Nichteisen, so daß über die Entstehung dieser Krater kein Zweifel mehr besteht. Alle diese Krater wurden von Eisenmeteoriten verursacht. Tabelle 2 verzeichnet diese 11 Krater, die Liste ist Seite 2 der oben angeführten Veröffentlichung von J. H. Freeberg entnommen.

**Tabelle 2**

Canon Diablo (Barringer-Krater), USA	Kaalijärv, UdSSR
Boxhole, Australien	Odessa, UdSSR
Campo del Cielo, Argentinien	Sichote Alin, UdSSR
Dalgaranga, Australien	Wabar, Arabien
Haviland, USA	Wolf Creek, Australien
Henbury, Australien	

Auf Tabelle 2 fällt sofort die große Zahl der auf Amerika und Australien entfallenden Objekte auf. Dieses hängt vielleicht mit der Tatsache zusammen, daß in Amerika und Australien auch außerhalb der Meteoritenkrater Eisenmeteorite verhältnismäßig häufig vorkommen, viel häufiger jedenfalls, als die unter Meteoriten sonst meist vorherrschenden Steinmeteorite. Diese merkwürdige Tatsache wurde bisher in der Literatur noch nicht diskutiert. Die Entdeckung des Mundrabilla-Meteoriten in Westaustralien gibt Gelegenheit, dieses Versäumnis nachzuholen.

Bereits um 1940 und dann wieder 1960 war dem Verfasser bei Auszählungen nach dem Meteoritenkatalog von E. A. Wülfing [4] aufgefallen, daß die einzelnen Meteoritenarten in den verschiedenen Erdteilen offenbar ganz verschieden häufig gefunden werden. Das Ergebnis dieser Auszählungen, die insgesamt 587 Meteoritenfunde umfassen, gibt Tabelle 3 wieder. Meteorite, die gleichzeitig Stein und Nickel-eisen enthalten, also die sogenannten Steineisenmeteorite, wurden auf dieser Tabelle den Eisenmeteoriten zugerechnet, eine Maßnahme, die auch auf den folgenden Tabellen stets durchgeführt wird.

Beim Betrachten von Tabelle 3 hat man natürlich zu berücksichtigen, daß die Zahl der in den einzelnen Erdteilen gefundenen Meteorite von den verschiedensten Faktoren abhängt, so insbesondere von der Größe der Erdteile und von der Dichte und der Aufgeschlossenheit der Bevölkerung. Auch die Verkehrslage spielt eine Rolle. Aus Innerasien und Innerafrika beispielsweise ist bis jetzt nur wenig über Meteorite bekannt geworden. Aber selbst wenn man alles das berücksichtigt, ist die Verteilung der Stein- und Eisenmeteorite sehr sonderbar. Während in Europa und Asien viel mehr Steinmeteorite als Eisenmeteorite gefunden wurden, ist dieses Verhältnis in Afrika, Amerika und insbesondere in Australien umgekehrt. Hier war die Zahl der eingesammelten Eisenmeteorite erheblich größer als die Zahl der eingesammelten Steinmeteorite.

Nun ist der von 1897 stammende Katalog von E. A. Wülfing jetzt längst veraltet, das heißt, es ist inzwischen eine weit größere Anzahl von Meteoritenfunden bekannt geworden. Diese neuen Meteoritenfunde berücksichtigt eine 1957 von F. Heide in Jena veröffentlichte Auszählung [11], die 1385 geographisch-statistisch verwertbare Funde enthält (Tabelle 3). Erfast wurden dabei alle Meteorite, die bis 1940 bekannt waren.

**Tabelle 3:**

Die Verteilung der Meteorite	Europa	Asien	Afrika	Amerika	Australien	
Steinmeteorite nach Wülfing	189	74	9	72	4	= 348
Steinmeteorite nach Heide	289	185	43	304	33	= 854
Steinmeteorite nach Boshcke	300	200	65	400	40	= 1005
Eisenmeteorite nach Wülfing	38	9	13	166	13	= 239
Eisenmeteorite nach Heide	46	41	28	358	58	= 531
Eisenmeteorite nach Boshcke	52	54	38	426	69	= 639

Noch umfangreicher ist eine Statistik, die 1965 F. L. Boshcke in Heidelberg an 1662 Meteoriten vornahm [12]. Er benutzte hierbei neben verschiedenen anderen Quellen insbesondere den Meteoritenkatalog von Prior-Hey [13]. Von den 1662 Meteoritenfunden ließen sich 1644 nach geographischen Gesichtspunkten auswerten (Tabelle 3).

Sowohl die Auszählung von F. Heide wie die Statistik von F. L. Boshcke bestätigen im wesentlichen die nach E. A. Wülfing in Tabelle 3 gefundene Verteilung der Stein- und Eisenmeteorite. Man kann offenbar die Regel aufstellen: Steinmeteorite sind in Europa und Asien die bevorzugt auftretende Meteoritenart, Eisenmeteorite dagegen in Amerika und vor allem in Australien.

Eines kommt nun hierbei bestimmt nicht in Betracht, daß nämlich bei diesen Verhältnissen der bloße Zufall sein Spiel treibt. Dafür ist das Material, das insbesondere F. L. Boscche zur Verfügung stand, schon zu groß. Vielmehr hat man nach Auswahl-effekten zu suchen, welche die Resultate verfälschen.

Man wird sich in diesem Zusammenhang zunächst an die Umstände erinnern, unter denen einerseits Steinmeteorite und andererseits Eisenmeteorite gefunden zu werden pflegen. Bei Steinmeteoriten wird meist vorher der Fall des Meteoriten beobachtet, und man sucht und findet den Meteorit dann auf Grund dieser Fallbeobachtung. Zufallsfunde im Erdboden von früher gefallenen Steinmeteoriten sind selten, denn Steinmeteorite sind nur vom Kenner von irdischen Steinen zu unterscheiden. Außerdem verwittern Steinmeteorite verhältnismäßig schnell. Alles dieses bestätigt die Praxis, denn nach H. Wänke [14] sind unter den 932 Steinmeteoriten des Meteoritenkataloges von Prior-Hey 628 „Fälle“ und nur 304 „Funde“. Die Schlußfolgerung aber daraus: Steinmeteorite sollten vor allem aus dichtbesiedelten Erdteilen stammen, in denen genügend intelligente Beobachter zur Verfügung stehen.

Was dagegen die Eisenmeteorite betrifft, so fallen diese von vornherein nicht so oft vom Himmel wie Steinmeteorite. Beispielsweise kommen von den insgesamt 682 beobachteten Meteoritenfällen, die der Katalog von Prior-Hey anführt, allein 628 auf Steinmeteorite und nur 54 auf Eisenmeteorite. Oder mit anderen Worten, unter 12 beobachteten Meteoritenfällen befindet sich lediglich 1 Eisenmeteorit. Die Seltenheit der Eisenmeteorite wird jedoch zum größten Teil dadurch aufgehoben, daß Eisenmeteorite weniger schnell verwittern, auch sind diese im Erdboden vom Nichtfachmann verhältnismäßig leicht als Meteorite erkennbar. So kommt es, daß der Katalog von Prior-Hey nicht weniger als 612 Eisenmeteorite verzeichnet, und daß von diesen allein 558 ohne Beobachtung ihres Falles im Erdboden gefunden wurden. Daraus folgt, daß vor allem jene Erdteile Eisenmeteorite liefern sollten, deren Boden ergiebig durch intensiven Ackerbau und dergleichen durchgearbeitet wurde.

Alle diese Überlegungen besagen jedoch nichts Entscheidendes zu der merkwürdigen geographischen Verteilung der Stein- und Eisenmeteorite, also zu dem Übergewicht der Steinmeteorite in Europa und Asien sowie zu dem Übergewicht der Eisenmeteorite in Amerika und vor allem in Australien. Beispielsweise werden in einem dicht besiedelten Erdteil infolge der vielen zur Verfügung stehenden Beobachter zwar viele Steinmeteorite eingesammelt, gleichzeitig wächst in diesem Erdteil aber auch die Zahl der aufgefundenen Eisenmeteorite an, denn in einem dichtbesiedelten Gebiet ist meist auch die Bodenbearbeitung sehr intensiv.

Nun gibt es jedoch Auswahleffekte, die sich verschieden auf Stein- und Eisenmeteorite auswirken. Einer derselben besteht beispielsweise darin, daß weite Gebiete Nordamerikas in den letzten Jahrzehnten planmäßig nach früher gefallenen Meteoriten abgesucht wurden. Vor allem ist hier die Tätigkeit des Meteoritenforschers H. H. Nininger und seiner Mitarbeiter zu erwähnen. Aber auch private Meteoritensammler veranstalteten gut organisierte Suchaktionen nach Meteoriten. Derartigen Suchaktionen müssen aber nach den obigen Überlegungen vorzugsweise Eisenmeteorite zum Opfer fallen, kaum dagegen Steinmeteorite. Man könnte jetzt also erklären, warum die Eisenmeteorite in Amerika einen so großen Anteil an der Gesamtzahl der Meteoritenfunde ausmachen.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß weitaus die meisten der in Amerika eingesammelten Meteorite auf Nordamerika entfallen. Von den 826 amerikanischen Stein- und Eisenmeteoriten, die Tabelle 3 anführt, sind es beispielsweise nicht weniger als 721. Auch wenn man die Eisenmeteorite allein betrachtet, liegt Nordamerika mit Abstand an der Spitze. Von den 426 Eisenmeteoriten von Tabelle 3 wurden nämlich 358 in Nordamerika und nur 68 in Südamerika gefunden. 358 Eisen-

meteorite also auf einem Gebiet, welches wesentlich kleiner ist als beispielsweise Afrika, das insgesamt 38 Eisenmeteorite lieferte. Nichts demonstriert wohl besser den Erfolg der oben erwähnten Suchaktionen.

Aber wie sieht es nun in Australien aus? Hier haben noch keine systematischen Suchaktionen wie in Nordamerika stattgefunden, und trotzdem dominieren hier die Eisenmeteorite über die Steinmeteorite, und zwar mehr noch als in Amerika.

Nun, man hat in Australien zunächst geographische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Beispielsweise verhindert wahrscheinlich der in Australien vorherrschende Wüstenboden das allzu tiefe Eindringen der Meteorite in die Erde, so daß das spätere Auffinden von Eisenmeteoriten erleichtert wird. Der Mundrabilla-Meteorit scheint hierfür ein Beispiel zu sein, die Eisenmassen lagen auf Sandboden. In sumpfigem Gelände, ja selbst in Acker- oder Wiesenland, wären sie vermutlich längst eingesunken.

Ferner schiebt offenbar das trockene Klima Australiens die Verwitterung der Eisenmeteorite hinaus, so daß sich unter den in Australien gefundenen Eisenmeteoriten viele befinden, deren Fall schon lange Zeit zurückliegt. Längere Zeit jedenfalls, als dieses im Durchschnitt bei den in Europa und Asien gefundenen Eisenmeteoriten der Fall ist. Wie viele Eisenmeteorite sich übrigens im Laufe der Zeit im Erdboden ansammeln können, vermag man aus einem Untersuchungsergebnis von H. Wänke [15] abzuschätzen. Letzterer fand bei Messungen des terrestrischen Alters von über 20 Eisenmeteoriten, daß deren Falldatum bis zu 1,5 Millionen Jahre zurücklag. Da jährlich Dutzende, ja vielleicht sogar Hunderte von Eisenmeteoriten auf die Erde niedergehen, ist die Zahl der noch im Erdboden lagernden Eisenmeteorite sicher größer als allgemein vermutet, besonders in einem trockenen Gebiet wie beispielsweise in Australien.

Soviel zunächst über die australischen Eisenmeteorite. Was dagegen die australischen Steinmeteorite betrifft, so scheint deren Auffindung aus geographischen Gründen erschwert zu sein. Die Bevölkerung Australiens drängt sich in den Küstengebieten zusammen, das Innere dieses Erdteils ist dagegen weithin menschenleer. Unter diesen Voraussetzungen wird aber nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet des über Australien sichtbaren Himmels und des darunter befindlichen Erdbodens auf niedergehende Steinmeteorite hin unter Kontrolle gehalten. Außerdem dürfte ein erheblicher Prozentsatz der an der australischen Küste beobachteten Meteoritenfälle im nahegelegenen Meer niedergehen. Die Bevölkerung Australiens kommt also beim Beobachten und beim nachfolgenden Aufsuchen niederfallender Steinmeteorite nicht so recht zum Zuge, was offenbar ebenfalls zu dem Übergewicht der Eisenmeteorite in Australien beiträgt.

Ein weiterer Auswahleffekt, und zwar sicherlich der interessanteste, betrifft wieder die Eisenmeteorite, und zwar nicht nur die Australiens, sondern auch die der übrigen Erdteile. Er entsteht dadurch, daß der prähistorische und zum Teil wohl auch noch der historische Mensch die Eisenmeteorite in den verschiedenen Erdteilen je nach seiner Kulturhöhe ganz verschieden intensiv zu technischen Zwecken ausbeutete. In Europa, Asien und Nordafrika beispielsweise befinden sich die alten vorgeschichtlichen und geschichtlichen Kulturgebiete der Menschheit. Hier sammelte der Mensch schon frühzeitig die auf und im Erdboden liegenden Eisenmeteorite, um sie zu Waffen und Werkzeugen zu verarbeiten. In Amerika dagegen war dieses weniger der Fall. Zwar ist auch von den Indianern Nordamerikas bekannt, daß sie Eisenmeteorite sammelten, verehrten und auch verarbeiteten. Gegenüber den oben genannten Gebieten hatten die Eisenmeteorite des amerikanischen Kontinents aber wahrscheinlich nicht so viel unter dem Einfluß des prähistorischen und des historischen Menschen zu leiden. Noch geringer war dieser Einfluß sicher in Australien.

Man vergleiche unter diesen Gesichtspunkten nur einmal in Tabelle 3 die Gesamtzahlen der bisher in Europa, Asien und Afrika gefundenen Eisenmeteorite mit den entsprechenden Gesamtzahlen für Amerika und insbesondere für Australien. Ist es nicht auffallend, daß jeder der erstgenannten drei Erdteile weniger Eisenmeteorite lieferte als der kleine fünfte Kontinent? Dabei wurde doch zumindest Europa in den letzten hundert Jahren sehr gut nach Meteoriten durchforscht, besser jedenfalls als Australien. Und selbst wenn die Durchforschung von Asien und Afrika hinter der Durchforschung von Australien zurückstehen sollte, so übertreffen doch jene beiden großen Erdteile den australischen Kontinent um ein Vielfaches an Landfläche (Asien 44 Millionen qkm, Afrika 30 Millionen qkm, Australien und Ozeanien 9 Millionen qkm).

Aber nicht nur die Fundzahlen der einzelnen Eisenmeteorite scheinen mit der Sammeltätigkeit des Vorzeitmenschen zusammenzuhängen, sondern auch die Fundorte der Großmeteorite. Es war ja schon darauf hingewiesen worden, daß ganz Europa, fast ganz Asien sowie die gesamte Nordhälfte von Afrika von Großmeteoriten frei sind. Nur ein aus der Wüste Gobi in Innerasien stammender Großmeteorit wurde kürzlich aus diesem Gebiet bekannt [16]. Jener riesige, von Großmeteoriten bisher freie Landkomplex ist jedoch im wesentlichen der Bereich der alten Kulturen. Es entsteht daher der Verdacht, daß auch die (stets aus Nickeleisen bestehenden!) Großmeteorite früher vom Menschen als Rohstoffquelle benutzt wurden.

Nur dort war dem Menschen der Vorzeit also ein Abbau dieser Großmeteorite möglich, wo er bereits eine verhältnismäßig große Kulturhöhe erreicht hatte. Der minder hoch entwickelte Mensch ließ die Großmeteorite unberührt an Ort und Stelle liegen. Ein schönes Beispiel für letzteren Fall sind die Eisenblöcke des Meteoritenschauers von Cape York in Grönland. Die Eskimos kannten diese schon von jeher, sie nannten sie das „Zelt“ (31 t), die „Frau“ (3 t) und den „Hund“ (0,4 t), ohne sich jedoch weiter um sie zu kümmern [17, 18]. Erst der amerikanische Polarfahrer R. E. Peary schaffte sie 1897 unter größten technischen Schwierigkeiten nach New York, wo sie jetzt im Hayden-Planetarium des American Museum of Natural History ausgestellt sind. In Europa wären derartige Eisenblöcke nicht so lange liegen geblieben.

Schließlich sei auch noch einmal darauf hingewiesen, daß unter den 11 Meteoritenkratern, in deren Nähe man meteoritisches Nickeleisen fand (Tabelle 2), 4 auf Amerika und 4 auf Australien entfallen. Nur 3 dieser Meteoritenkrater liegen in den anderen drei Erdteilen. Auch dieser Befund scheint dafür zu sprechen, daß der prähistorische und der historische Mensch die Eisenmeteorite je nach seiner Kulturhöhe in verschieden starkem Maße abbaute.

Im übrigen verschwanden in den Kulturgebieten mit dem in den Meteoritenkratern liegenden Nickeleisen vielfach auch die Krater selbst, wenigstens wenn sie nicht allzu groß waren. In Europa, in vielen Teilen Asiens und in Nordafrika wurde der Erdboden seit über 2000 Jahren gründlich durchgepflügt, daher hier nur wenige Meteoritenkrater. Der Erdboden Amerikas und Australiens dagegen blieb bis jetzt noch teilweise jungfräulich, deshalb die Entdeckung vieler Krater bei den nordamerikanischen Suchaktionen. Wahrscheinlich würde eine systematische Nachforschung in Südamerika und in Australien auch hier ähnlich viele Meteoritenkrater zu Tage fördern wie in Nordamerika.

Jedenfalls wurde allem Anschein nach die technische Ausbeutung der Eisenmeteorite durch den Menschen der Vorzeit bisher unterschätzt. Wie groß aber — durch die langen Zeiträume begünstigt — der zerstörende Einfluß des Menschen auf die Natur einst war, zeigt doch schon die große Zahl der Tierarten, die der Mensch aussottete. Vielleicht können die Vorgeschichtler aus der geographischen Verteilung

der Eisenmeteoritenfunde noch einmal Rückschlüsse auf die Kulturvölker früherer Bevölkerungsteile ziehen, dann nämlich, wenn die Erdoberfläche einigermaßen gleichmäßig nach Eisenmeteoriten abgesucht sein wird. In den dünn mit Fundstellen belegten Gebieten der Erde wären dann ehemalige Bevölkerungsteile mit großer Kulturhöhe zu vermuten, in den dicht mit Fundstellen belegten Gebieten dagegen Bevölkerungsteile mit niedriger Kulturhöhe.

#### Literatur:

[1] The Meteoritical Bulletin (Moskau) 39, February 1967. — [2] Wilson, R. B. and A. S. Cooney: Sky and Telescope 33, 2, 72 (1967). — [3] Classen, J.: Urania 26, 11, 913 (1963). — [4] Wülfing, E. A.: Die Meteoriten in Sammlungen. Tübingen 1897. — [5] Classen, J.: Sterne und Weltraum 6, 8/9, 209 (1967). — [6] Wänke, H.: Fortschr. chem. Forsch. 7, 2, 323 (1966). — [7] Gentner, W.: Die Naturwissenschaften 53, 12, 288/9 (1966). — [8] Krinow, E. L.: Chemie der Erde 18, 1/2, 56 (1956). — [9] Fessenkow, W. G.: Astr. J. UdSSR 38, 4, 577, (1961) sowie 43, 2, 241 (1966). — [10] Freeberg, J. H.: Terrestrial Impact Structures, Washington 1966. — [11] Heide, F.: Kleine Meteoritenkunde, 2. Aufl., 54/55, Jena 1957. — [12] Boschke, F. L.: Erde von anderen Sternen, 203, Düsseldorf — Wien 1965. — [13] Prior, G. T. u. M. H. Hey: Catalogue of Meteorites, London 1953. — [14] Wänke, H.: Fortschr. chem. Forsch. 7, 2, 324 (1966). — [15] Wänke, H.: Fortschr. chem. Forsch. 7, 2, 351, 1966. — [16] Dachs, J.: Sterne und Weltraum 6, 8/9, 207, 1967. — [17] Classen, J.: Die Sterne 40, 5-6, 119, 1964. — [18] Classen, J.: Naturwiss. Rundschau 17, 6, 235, 1964.

## Amateure beobachten und berichten

### Langjährige Mittel der monatlichen Halo-Tage

Der nachstehenden Statistik liegen meine Aufzeichnungen der Jahre 1929 bis 1965 zugrunde, die Reihe beginnt mit dem Februar 1929 und wurde am 31. Dezember 1965 abgebrochen. Beobachtungsort: Süddeutschland. Beobachtungen außerhalb dieses Bereiches wurden zwar mit allen Einzelheiten notiert, aber bei der Statistik (Mittelbildung) nicht berücksichtigt. Ausfallzeiten (z. B. durch Reisen) wurden statistisch in Rechnung gesetzt. Zwei Halo-Erscheinungen an einem Tag wurden nur einmal gezählt, die Statistik bezieht sich also nur auf die Zahl der Halo-Tage, nicht der Halo-Erscheinungen. Zusammengesetzte Halo-Erscheinungen wurden gleichfalls nur einmal gezählt.

Monat	Zahl der Halo-Tage Mittel 1929 — 1965	Monat	Zahl der Halo-Tage Mittel 1929 — 1965
Januar	2,0	Juli	2,4
Februar	2,3	August	2,7
März	5,0	September	2,3
April	6,3	Oktober	2,7
Mai	6,2	November	1,4
Juni	4,1	Dezember	1,6

Dr. WERNER SANDNER

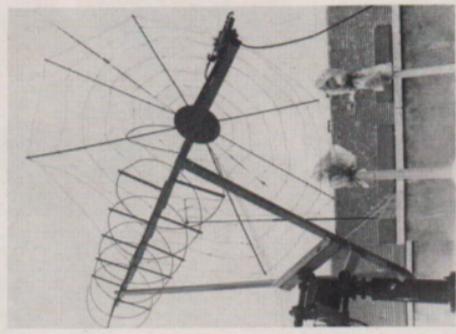
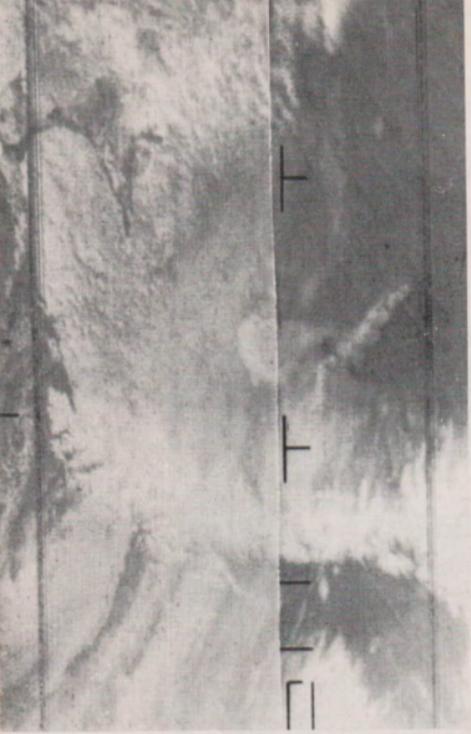
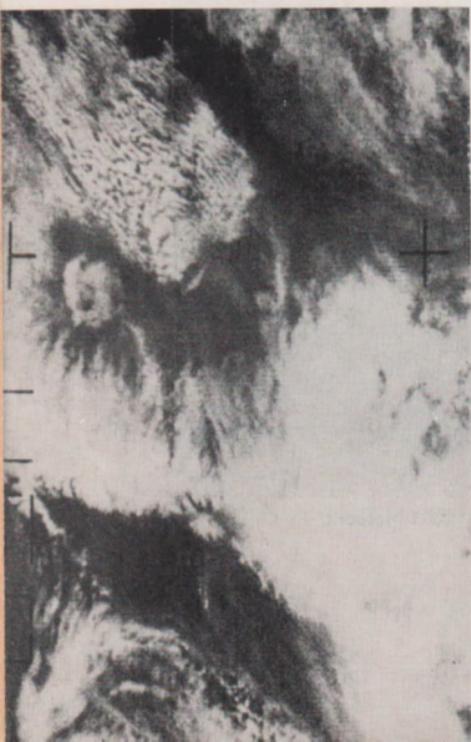
### Besonders schöne Sonnenfinsternis auf Jupiter

Beobachtet am 22. April 1968 von 21.00 Uhr bis 21.45 Uhr

Eine klare Frühlingsnacht bricht an. Die Temperaturen liegen bei 20°, trotzdem ist die Luft-ruhe sehr gut. Mit dem Vorsatz, den Roten Fleck (GRF) zu beobachten, suchte ich die Koper-nikus-Sternwarte in Zerbst, die sich auf einem Stadtmauer-Turm befindet, auf.



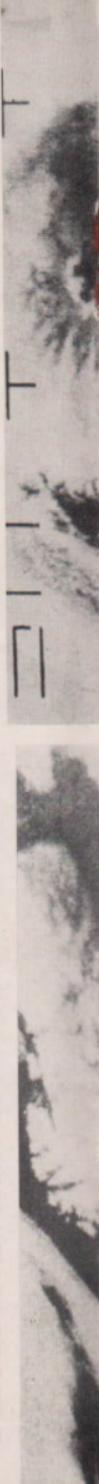
Mundrabilla-Meteorite. Oben: 12 t-Meteorit. Unten: 5,5 t Meteorit.



### Wetterbilder: Skandinavien

Oben rechts: Ausschnitt, aus 2 Einzellbildern zusammengesetzt. Die nördliche Ostsee zeigt in einer Länge von etwa 200 km noch eine geschlossene Eisdecke; darunter ein etwa 80 km breiter, schräg durch die Ostsee verlaufender Eisstreifen. Der nördliche Teil von Skandinavien ist wolkenfrei, Norwegens Gebirge so wie die Halbinsel Kola sind noch schnee- und eisbedeckt; die Küstengebiete des Weißen Meeres sind eisfrei (Aufnahmen am 19. 4. 1968, 11 h 08m,4 und 11 h 14m,3 MEZ).

Oben links: Bildausschnitt. Das Schmelzen des Eises in der nördlichen Ostsee hat bereits begonnen (Aufnahme am 10. 5. 1968, 10 h 48m,8). Dunkle Stellen im Eiskomplex zeigen Eisfreiheit an. Die Lofoten-Inseln (Nordsee) sind noch von Eis eingeschlossen.





2. Bildreihe von oben: Karten von Skandinavien und Island zur besseren Orientierung auf den Wetterbildern, sowie die selbstgebaute Wendelanette der Satellitenbeobachtungsstation der DAG, mit der die Wetterbilder empfangen wurden. — Oben rechts: Die Eisschmelze der nördlichen Ostsee hat am 17. 5. 1968 weitere Fortschritte gemacht. Nur der nördliche Küstenstreifen zeigt noch eine etwa 50 km mächtige Eisbarriere. — Der an die Ostsee grenzende nördliche Teil Finnlands ist wolkenfrei. — Oben links: Die nördliche Ostsee ist am 28. 5. 1968, 11 h 31m, 4 MEZ, bis auf einen schmalen Streifen eisfrei. — Auf Kola hat die Schneeschmelze begonnen; die Lofoten sind noch von Eis umschlossen. — Unten rechts: Am 3. 5. 1968, 12 h 12m, 2 MEZ, ist das noch mit Schnee bzw. Eis bedeckte Island wolkenfrei. — Unten links: Am 27. 5. 1968, 12 h 32m, 7 MEZ, ist ein großer Teil der Inselfläche schon wolkenfrei; nur in den höheren Lagen ist noch Schnee bzw. Eis vorhanden. — Druckgenehmigung der Karten: Mdl, Nr. 814 68.





Die nordafrikanische Küste am 28. 5. 1968, 9 h 47m,1 MEZ. Etwa in Bildmitte die Große Syrte, rechts das dunkle Nildelta, östlich davon die Halbinsel Sinai sowie der nördliche Teil des Roten Meeres; Cypern und Kreta sind noch zu erkennen, die Türkei und das nördliche Syrien liegen unter Wolken.



### Wetterbilder:

Der Mittelmeerraum am 20. 5. 1968, 10 h 14m,7 MEZ. Um Griechenland spiegelt sich die Sonne im dadurch aufgehellten Mittelmeer, so daß sich die Konturen des südlichen Griechenlands, insbesondere der Insel Peloponnes, dunkel abzeichnen.



Der mittlere Mittelmeerraum am 22. 5. 1968, 10 h 07m MEZ. Fast wolkenfrei liegt Italien - mit Ausnahme von Oberitalien und Sizilien - vor uns. Über der Adria reicht die lose Bewölkung bis etwa an die jugoslawische Küste. Auch hier spiegelt sich die Sonne im Agäischen Meer.

### Der Mittelmeer-Raum



Das westliche Mittelmeer am 21. 5. 1968, 11 h 07m,8 MEZ. Deutlich tritt die Iberische Halbinsel hervor.

Es war 21.08 Uhr, als ich Jupiter einstellte. Auf der Oberfläche desselben zeigte sich ein prächtiger Mondschatten, der unter GRF im NEB lag. 21.28 Uhr bemerkte ich, daß sich ein zweiter Schatten (Mondschatten) am Westrand der Jupiterscheibe auch im NEB ausbreitete. In dieser Zeit hatte sich GRF und der zuerst gesehene Mondschatten in das erste Drittel der Jupiterscheibe geschoben. Den Höhepunkt dieses wunderbaren Schauspiels bildete das Auftauchen der beiden Jupitermonde I und II, deren Schatten ich beobachtete.

Gegen 21.37 Uhr bildete sich ein scharf abgegrenztes helles Scheibchen am Ostrand im NEB und trennte sich von der Jupiterscheibe wie ein Wassertröpfchen sich löst und stand dann nach wenigen Sekunden im dunklen Feld des Firmaments. Noch einmal wiederholte sich 21.39 Uhr das eben gesehene. Von der Schönheit dieses Schauspiels der Jupitermonde gebannt, vergaß ich, die exakte Zeit zu nehmen, man möge mir verzeihen, so gehandelt zu haben. Dennoch und deshalb ist dieses Naturschauspiel mir eine bleibende Erinnerung und Mahnung: „Vergiß die Zeit nicht!“

H. Schmalwasser, Zerbst

## Aus der Literatur

### Neues Spiegelteleskop in der UdSSR

Kurz nach Kriegsende faßte man in der UdSSR den Entschluß, ein Spiegelteleskop mit mindestens 6 m freier Öffnung zu bauen. Damals befand sich das größte Fernrohr in Amerika. Es war das Hale-Teleskop auf dem Mount Palomar, das mit einem Spiegel von 5,10 m Durchmesser und 16,8 m Brennweite ausgestattet ist und eine 17jährige Bauzeit (1930–1947) erforderte hat. Nicht mehr lange wird das Hale-Teleskop das größte Fernrohr der Welt sein.

Die Arbeiten an dem neuen sowjetischen Spiegelteleskop wurden um 1950 aufgenommen und zunächst in aller Stille durchgeführt. Jetzt sind sie soweit gediehen, daß der Erfolg des grandiosen Unternehmens gesichert ist und Einzelheiten bekanntgegeben werden können.

Das Herstellungswerk des Instrumentes sind die Optisch-Mechanischen Werke in Leningrad. Der Spiegel hat einen Durchmesser von 6,10 m und eine Brennweite von über 20 m. Das eigentliche Fernrohr erhält einen Durchmesser von fast 8 m und eine Länge von 25 m. Das Gesamtgewicht des Instrumentes wird 700 t groß.

Neben dem Hauptfernrohr wird ein Leitfernrohr mit einem 85 cm Spiegel angebracht. Manche Sternwarte wäre froh, wenn sie einen 85-cm-Spiegel hätte! Ein besonders wichtiger Nebenapparat wird der Spektrograph sein. Sein Spiegel wird einen Durchmesser von 2,44 m besitzen.

Anders als beim Mount-Palomar-Spiegelteleskop wird der Beobachter nicht in einer Kabine innerhalb des Fernrohrs untergebracht. Vielmehr werden alle Informationen über ein Fernsehsystem in einen Kontrollraum geleitet und hier verarbeitet. Von diesem Kontrollraum aus werden auch alle Bewegungen und Funktionen des Rieseninstrumentes gesteuert. Seinen endgültigen Standplatz wird das Teleskop in 1830 m Höhe im Kaukasus, nordwestlich von Tiflis, erhalten. Als Direktor des neuen Observatoriums ist Prof. Kopylow vorgesehen, der zur Zeit am Krim-Observatorium tätig ist.

J. Classen

### Von der Mikrowelt zum Kosmos

In der heutigen Zeit ist es sehr schwer, irgendeine Wissenschaft in zwei voneinander getrennte Teile zu gliedern – also in reine Wissenschaft und in angewandte. Häufig findet eine wissenschaftliche Entdeckung fast schon am nächsten Tage Eingang in die Technik, während die komplizierten Aufgaben der Technik die Wissenschaftler veranlassen, ihre Forschungen auf einem bestimmten Gebiet der „reinen“ Wissenschaft zu betreiben und den Anstoß zu einer Entdeckung geben, die große und grundsätzliche angewandte Bedeutung hat.

Die Astronomie ist eine der ältesten Wissenschaften. Seit Menschengedenken bildeten Zeitberechnungen, die Vorhersage seltener Himmelserscheinungen sowie die Navigation mit Hilfe der Gestirne jenen praktischen Beitrag, den die Astronomie für das Leben der Menschheit leistete. Exakteste Beobachtungen der Astronomen von Planetenbewegungen ermöglichten es Kepler, die Gesetze der Himmelsmechanik zu formulieren, und Newton, das Gravitationsgesetz zu entdecken. Newtons Gesetze der Mechanik bilden auch heute noch die einzige und ausreichend exakte Grundlage für den Start und die Bestimmung der Bewegung künstlicher Satelliten sowie der Bahnen unserer Raumschiffe. Und schließlich hat die Astronomie in unserer Zeit zwei außerordentlich bedeutsame Tatsachen zur Begründung und Bestätigung der neuen, von Einstein aufgestellten Gravitationstheorie geliefert: die Bewegung des Perihels des Merkur und die Ablenkung der Lichtstrahlen ferner Sterne, wenn sie nahe vor der Sonnenscheibe passieren. Damit bildeten astronomische Beobachtungen in den vergangenen Jahr-

hundertens bis auf den heutigen Tag die Grundlage für die Formulierung und Überprüfung der fundamentalsten physikalischen Vorstellungen von der Welt.

Andererseits haben es die von Physikern in Laboratorien gemachten Entdeckungen den Astronomen ermöglicht, in einem neuen Bereich der Astronomie, in der Astrophysik, zu überaus bedeutsamen Entdeckungen zu gelangen. Die Spektralanalyse bot im vergangenen Jahrhundert die Möglichkeit, die chemische Zusammensetzung in der Photosphäre und den Sternrinden sowie im interplanetaren und interstellaren Raum zu bestimmen. Gegenwärtig ermöglichen es die Einzelheiten optischer Spektren, Größe und Richtung der Magnetfelder auf der Sonnenoberfläche festzustellen. Die Entdeckung gewaltiger Kernenergievorräte durch die Physiker lieferte die Erklärung dafür, daß die Strahlung der Sterne eine unerschöpfliche Energiequelle darstellt. Die Auffassung von der Entwicklung der Sterne, der Galaxien und des Weltalls ist in der gegenwärtigen Etappe das Ergebnis der gemeinsamen Arbeit von Physikern und Astronomen. Heute können sich die Forschungen auf dem Gebiet der Mikrowelt – also der Welt der Elementarteilchen – nur in Verbindung mit der Erforschung der Makrowelt – der Sterne, Galaxien und Metagalaxien – erfolgreich entwickeln.

Bis kurz vor Ausbruch des zweiten Weltkrieges erfolgten astronomische Beobachtungen fast ausschließlich im sichtbaren Wellenlängenbereich. Nach dem Kriege setzte eine stürmische Entwicklung der Radioastronomie ein, die einen gewaltigen Wellenlängenbereich nutzt, der von Millimetern bis zu Dutzenden und Hunderten von Metern reicht. Die Radioastronomie hat die der Forschung gesetzten Grenzen erweitert und der Wissenschaft zahlreiche ungewöhnliche Entdeckungen geschenkt, die unsere Vorstellungen von der Entwicklung des Weltalls zweifellos verändern werden.

Die Radiogalaxien liefern im Radiobereich eine wesentlich stärkere Strahlung als im sichtbaren. Die Spektralzusammensetzung der Radiostrahlung und ihre räumliche Verteilung nach der Quelle bieten die Möglichkeit, eine Reihe von Schlußfolgerungen über jene Prozesse zu ziehen, die bei der Bildung und Entwicklung der Galaxien ablaufen. Die Entdeckung der Quasare, quasistellarer Objekte, die offensichtlich sehr geringe Abmessungen und eine gewaltige Strahlungsleistung aufweisen, veranlaßt die Wissenschaftler, sich Gedanken über neue Energiequellen, neben der Kernfusion, zu machen.

Die unlängst im Bereich der Zentimeter- und Millimeterwellen festgestellte Phon-Radiostrahlung zeugt davon, daß der gesamte unübersehbare Weltraum von einer elektromagnetischen Strahlung mit einer Temperatur von etwa  $3^{\circ}$  Kelvin (minus  $269^{\circ}$  Celsius) erfüllt ist. Physiker und Astronomen bezeichneten diese Strahlung als Reliktstrahlung, die sich aus den ältesten Epochen der Entwicklung des Weltalls erhalten hat. Nach astronomischen Beobachtungen – bei der sogenannten Rotverschiebung – dehnt sich das Weltall im Laufe von Dutzenden Milliarden Jahren aus. Zusammen mit dem Weltall dehnt sich auch das „Gas“ der Quanten bei der elektromagnetischen Strahlung aus. Ebenso wie gewöhnliche Luft, die durch den Kolben im Pumpenzylinder ausgedehnt wird, kühlt sich das Gas der elektromagnetischen Quanten bei der Ausdehnung des Weltalls ab. Und wenn es gegenwärtig eine Temperatur von  $3^{\circ}$  Grad aufweist, so war es im Anfangsstadium der Ausdehnung außerordentlich heiß.

Damit führt uns die Relikt-Radiostrahlung zu der Schlußfolgerung, daß auf irgendeiner Etappe seiner Entwicklung das Weltall so heiß war, daß es Materie und Antimaterie in unterschiedlicher Menge enthielt. Wie hat sich nun das Weltall weiterentwickelt? Existieren Materie und Antimaterie in irgendeiner Form im Weltall fort, oder aber ist unsere Welt asymmetrisch? Eine Antwort auf diese Fragen vermögen nur gemeinsame Bemühungen der Physiker und Astronomen zu geben.

Die Weltraumtechnik hat den Astronomen neue Möglichkeiten erschlossen. Nun gelang es ihnen, Forschungen im Infrarot-, Ultraviolett-, Röntgen- und Gammastrahlenbereich der elektromagnetischen Wellen anzustellen. Hier sind sowjetischen und ausländischen Astrophysikern und Astronomen bereits hervorragende Entdeckungen gelungen, und es zeichnen sich neue, verlockende Perspektiven ab. Und schließlich wird ein neues, gerade erst im Entstehen begriffenes Gebiet der Astronomie – die Neutrino-Astronomie – unmittelbar von Physikern erschlossen. Es bietet uns die Aussicht, den Mechanismus der Kernreaktionen im Inneren der Sonne und der Sterne wirklich aufzudecken, zu begründeten Schlußfolgerungen über die Symmetrie des Weltalls zu gelangen sowie jene Bereiche der Sternenwelt zu entdecken, in denen sich die stärksten Reaktionen der Kernfusion abspielen.

Die weitere Entwicklung der Astronomie der Planeten hängt eng mit der Durchführung des Programms der Weltraumforschung zusammen. Die mit der Station „Venus-4“ 1967 erzielten Ergebnisse bilden nur das erste Kapitel in der Erforschung der Planeten des Sonnensystems mit Hilfe von der Erde gestarteter kosmischer Apparate.

In der neugegründeten Abteilung für allgemeine Physik und Astronomie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wird die Astronomie den ihr gebührenden Platz einnehmen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß, beginnend mit diesem Frühjahr, die Arbeit der Physiker, Funker und Astronomen noch einheitlicher und fruchtbringender werden wird, während der Physik und Astronomie in unserem Lande eine neue Blüte bevorsteht.

B. Konstantinow, Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in „Iswestija“, 1. Mai 1968, auszugsweise nach „Presse der SU“, 67/1968.

# 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

Wir berichten von unserem Wissenschaftlichen Symposium am 31. Mai 1968 in Dresden:

### Die Erforschung und Nutzung des Mondes vom Standpunkt des Weltraumrechts

(Kurzfassung)

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Gegen Ende unseres Jahrhunderts werden Dauerstationen auf dem Mond vorhanden sein. Es ist heute schon sinnvoll zu untersuchen, welche Rechtsregeln für das Zusammenleben von Menschen auf dem Mond gelten, der nach dem Kosmos-Vertrag von 1967 souveränitätsfrei ist, und welche Rechtsregeln bei der Erforschung und Nutzung des Mondes Anwendung finden.

Einen ersten Anhalt gewährt uns der Kosmos-Vertrag. Aus diesem Vertrag lassen sich folgende allgemeine Grundsätze für die Erforschung und Nutzung des Mondes durch den Menschen ableiten:

1. Die Erforschung und Nutzung des Mondes ist, so heißt es in Art. 1, „eine Angelegenheit der gesamten Menschheit“. Daher steht der Mond allen Staaten zur Erforschung und Nutzung offen und bei der Erforschung sollen die Staaten sich unterstützen und die Erforschung fördern. Wir können also von einem Rechtsprinzip der Freiheit der Erforschung und Nutzung des Mondes oder kurz: vom Prinzip der Mondfreiheit sprechen. Daß es sich dabei nicht um eine absolute Freiheit zur Erforschung und Nutzung handelt, ergibt sich aus dem Kosmos-Vertrag. Dieses Prinzip der Mondfreiheit erfährt in Art. 4 eine wichtige Einschränkung: militärische Anlagen aller Art, Waffenerprobungen und militärische Manöver auf dem Mond sind verboten; der Mond gilt als ständig entmilitarisiertes und neutralisiertes Gebiet, denn er darf nach Art. 4 „ausschließlich für friedliche Zwecke benutzt“ werden. Dem steht jedoch nicht entgegen, daß „für wissenschaftliche Forschungen oder für

andere friedliche Zwecke“ militärisches Personal eingesetzt wird – solange wir kein spezielles Mond-Arbeitsrecht haben, ist der Einsatz von Militärpersonen, die militärischen Ordnungen unterstehen, durchaus am Platze.

Der allgemeine Grundsatz der Mondfreiheit wird weiterhin näher bestimmt durch folgende Vorschriften des Kosmos-Vertrages:

Art. 3 – die Erforschung und Nutzung des Mondes muß in Übereinstimmung mit dem Völkerrecht und der Charta der Vereinten Nationen erfolgen; diese General-klausel orientiert noch einmal eindeutig auf die friedliche Tätigkeit und das Verbot jeden Mißbrauches und jeder schädigenden Tätigkeit.

Art. 6 – die Tätigkeit „nichtstaatlicher Körperschaften“, also z. B. privater Unternehmer und Gesellschaften, auf dem Mond bedarf der Genehmigung durch den oder die Partnerstaaten des Kosmos-Vertrages, aus denen das Unternehmen stammt; die Tätigkeit solcher Unternehmen muß ständig überwacht werden. Problem: Wie ist es mit der Genehmigung und Überwachung von Unternehmen auf dem Mond, die ihren Sitz in einem Staat haben, der nicht dem Kosmos-Vertrag beigetreten ist? Dieses Problem gewinnt in dem Augenblick an Bedeutung, in dem eine ökonomische Nutzung, z. B. hinsichtlich der Gewinnung seltener Elemente oder Stoffe, möglich wird.

Art. 11 – Über alle Untersuchungen und Unternehmungen auf dem Mond sind der UNO-Generalsekretär, die Öffentlichkeit und die wissenschaftliche Welt, soweit durchführbar, so umfassend wie möglich zu informieren.

Art. 12 – Alle Stationen, Anlagen, Ausrüstungen und Raumschiffe auf dem Mond stehen auf der Grundlage der Gegenseitigkeit und nach vorheriger Anmeldung und Konsultation den Vertretern anderer Vertragsstaaten offen.

Diese eben genannten Vorschriften sind ebenfalls noch recht allgemein gehalten und gehen über Grundsatzbestimmungen noch nicht hinaus. Das kann aber in Anbetracht dieser neuartigen Materie nicht anders sein.

Forscher und Techniker auf dem Mond leben nicht in einem Rechtsvakuum; sie unterstehen Kraft der Personalhoheit stets der Rechtsordnung ihrer Heimatstaaten.

Dem Leiter einer Forschungsstation steht das Hausrecht auf der Station zu; er kann u. U. ungebetenen Gästen oder solchen Mitarbeitern, mit denen das Zusammenleben erschwert ist – wir müssen vielleicht in Analogie zum Tropenkoller an einen Mondkoller denken – Weisungen über ihr Verhalten erteilen. Auch wird der Leiter Disziplinalgewalt über die Angehörigen seiner Station besitzen; dieses Disziplinarrecht des Leiters gilt nur gegenüber den Angehörigen seines Heimatstaates und muß ihm nach dem Recht seines Heimatstaates zustehen.

Gelandete Flugkörper und ortsfeste Anlagen (Unterkünfte, Plattformen für die Aufstellung von Geräten u. a.) verbleiben nach Art. 8 auch dann im Eigentum des Entsende- bzw. Gründungsstaates, wenn sie nicht mehr benutzt werden; sie werden nicht herrenlos.

Die Besuchs- und Anmeldeklausel nach Art. 12 gilt für offizielle Besuche, sie gilt z. B. nicht für Hilfeleistungen.

Die ökonomische Nutzung des Mondes ist zulässig. Sollte eine bergbauliche Nutzung in größerem Umfang betrieben werden, ist zu prüfen, ob durch internationalen Vertrag eine Konzessionsordnung (Verleihung von Bergbaurechten) eingeführt werden sollte. Detaillierte Vorstellungen über die Einteilung des Mondes in Konzessionsgebiete legte Dr. Rodoreda (Spanien) auf dem X. Internationalen Kolloquium für Weltraumrecht 1967 in Belgrad vor: er will den Mond in gleichmäßig

breite Meridianstreifen aufteilen und jedem Staat, der sich um ein Konzessionsgebiet bewirbt, durch eine internationale Organisation einen Meridianstreifen auf der nördlichen Mondhalbkugel und einen zweiten, um 180 Grad versetzten Streifen auf der südlichen Halbkugel zuteilen, um nach Möglichkeit Zufälligkeiten bei der Nutzung auszuschalten.

Die Weltraumfahrt und -forschung steht heute vergleichsweise da, wo 1910 die Motorluftfahrt stand. Mit dem technischen und ökonomischen Fortschritt in der Luftfahrt entwickelte sich ein eigenes Rechtsgebiet, das Luftfahrrecht. Mit der Weltraumfahrt wird sich ähnliches ereignen: mit ihrer Entwicklung wird sich ein neues Rechtsgebiet, das Weltraumrecht, herausbilden. Mit dem Moskauer Teststopp-Abkommen von 1963, dem Kosmos-Vertrag von 1967 und dem Hilfeleistungsvertrag von 1968 wurden erste Grundsteine gelegt. Weitere Verträge werden und müssen folgen. Immer aber wird es notwendig sein, den Weltraum als eine „res humanitas“ zu betrachten und ihn von unseren irdischen Streitigkeiten freizuhalten.

## **Aufgabenstellung und Instrumentierung der Satelliten der OGO-Serie**

Dargestellt an Hand des Beispiels OGO 4

KARL-HEINZ NEUMANN

Fortsetzung und Schluß.

Durch diese Plasmawolke wird eine 4-MHz-Schwingung ausgelöst. Die Schwingung wird gestoppt, wenn das eingedrungene Teilchen am anderen Ende der Röhre auf den Endsensor trifft. Aus der Messung der während dieser Zeit erfolgten einzelnen Schwingungen ist es möglich, die Flugzeit innerhalb des Sensors zu bestimmen.

Der Endsensor besteht aus einem Mikrophon, dessen Ausgangsimpuls proportional dem Moment des Aufschlags ist. Bei der bekannten Geschwindigkeit des Teilchens läßt sich damit seine Masse bestimmen. Die Kenntnis der Orientierung des röhrenförmigen Meßinstrumentes erlaubt die Feststellung der Einfzugsrichtung des Teilchens, aus der dann mit der bekannten Geschwindigkeit seine wirkliche Flugbahn abgeschätzt werden kann.

### **Sonnenstrahlungsexperimente**

#### **1. Untersuchungen der solaren Röntgenstrahlung. Projektträger: R. W. Kreplin, USA-Naval-Research-Laboratory.**

Die Veränderung der solaren Röntgenstrahlung ist der wesentlichste Faktor für die Veränderung des Zustandes der Ionosphäre. Verantwortlich sind meist solare Röntgenstrahlungsausbrüche, die im Zusammenhang mit Eruptionen und aktiven Protuberanzen auftreten.

Folgende Erscheinungen der Ionosphäre stehen damit in direktem Zusammenhang:

Ein plötzlicher Anstieg der D-Schicht-Ionisation in der Ionosphäre; das Auftreten von Fadings; eine plötzlich einsetzende kosmische Radiostrahlungsabsorption (die Abkürzung dafür ist SCNA, das bedeutet Sudden Cosmic Noise Absorption); plötzliche ionosphärische Störungen (abgekürzt SID, das bedeutet Sudden Ionospheric Disturbances).

Eine exakte kontinuierliche Untersuchung der zeitlichen Variation der solaren Röntgenstrahlung ermöglicht es, eine bessere Klassifizierung von solaren Ausbrüchen zu finden, quantitative Untersuchungen zu machen und die genannten Auswirkungen der solaren Ausbrüche besser einordnen zu können.

Die zeitlichen Variationen der solaren Röntgenstrahlung werden bei diesem Experiment in vier gesonderten Wellenlängenbereichen registriert. Dabei handelt es sich um folgende Bereiche: 0,5 bis 3 Å; 2 bis 8 Å; 8 bis 16 Å und 44 bis 60 Å. Als Instrument werden vier Ionisationskammern, an die jeweils ein hochempfindliches Photometer angeschlossen ist, verwendet. Die Instrumente sind in einem SOEP (Solar Oriented Experimental Package) untergebracht. Die spektrale Begrenzung der einzelnen Ionisationskammern erfolgt durch verschiedene Faktoren. Zur Verwendung kommen verschiedenartige „Fenstermaterialien“ (Filterwirkung), verschiedenartige Gasfüllungen der Kammern, verschiedenartiger Gasdruck, verschiedenartige Ausdehnung der Kammern bzw. Unterschiede im Absorptionskoeffizienten.

## **2. Messungen der ultravioletten Strahlungsemission der Sonne. Projektträger: Dr. H. E. Hinteregger, Air Force Cambridge Research-Laboratorys.**

Die Hauptaufgabenstellung bei diesem Experiment besteht darin, im kurzwelligen Strahlungsbereich der UV-Strahlung Veränderungen der Strahlungsintensität zu messen. Der bearbeitete Strahlungsbereich umfaßt die Wellenlängen von 170 bis 1700 Å. Es geht darum, weitere Korrelationen zwischen den zeitlichen Variationen der solaren UV-Strahlung und ionosphärischen sowie atmosphärischen Phänomenen zu finden.

Verwendet wird ein Gitterspektrometer, das in einem SOEP angebracht ist. Die Anordnung ist so, daß die optische Achse des Instrumentes mit dem mittleren Vektor der Sonneneinstrahlungsrichtung übereinstimmt. Die integrale Strahlung der gesamten Sonnenscheibe leuchtet 6 Gitter aus, die parallele Ebenen der Dispersion und gemeinsame Winkel des Strahlungseinfalls haben.

Im Bereich von 170 bis 1700 Å ist das Spektrum in sechs überlappende Bereiche geteilt. Jedes der 6 Gitter, welches eine ganz bestimmte Linienteilung besitzt, erzeugt ein Teilspektrum aus dem genannten Bereich. Da sich alle 6 Spektren um einen geringen Teil überlappen, kann praktisch gleichzeitig der gesamte genannte Spektralbereich untersucht werden.

Die Spektren der einzelnen Gitter werden mit Hilfe eines Sechs-Kanal-Kollimatorspaltes abgetastet. Bei dieser Abtastung wird der Sechsfach-Kollimatorspalt um 12 Grad gedreht. Es ist möglich, in jedem der 6 Spektren durch mechanische Bewegung des Kollimatorspaltes 512 verschiedene einzelne äußerst schmale Spektralbereiche nacheinander zu untersuchen. Die mechanisch äußerst präzise arbeitende Apparatur erlaubt damit eine recht gute Analyse der UV-Sonnenspektren. Bei jeder Stellung der Kollimatorspalte wird also ein schmaler Wellenlängenbereich, der durch den Diffraktionswinkel der einzelnen Gitter bestimmt ist, hindurch gelassen. Hinter diesem Sechs-Kanal-Kollimatorspalt befinden sich 6 Photokathoden, zwei dahinter geschaltete Photoelektronenvervielfacher dienen der Verstärkung. Die

Ausgangsgröße der Photoelektronenvervielfacher ist proportional der einfallenden Strahlungsintensität in jedem der 6 ausgesuchten schmalen Spektralbereiche.

Durch Funkbefehl ist es möglich, die Abtastfolge des Sechs-Kanal-Kollimatorspaltes zu verändern. Durch Einschalten einer anderen Mechanik können die 6 Teilspektren nicht an 512 sondern nur an 37 einzelnen Stellen untersucht werden. Das ist vor allem dann von großem Vorteil, wenn zeitlich schnelle Änderungen der Strahlungsintensität im UV-Spektrum auftreten. Durch die geringere Zahl der einzelnen Abtastungen erreicht man eine schnellere Beobachtungsfolge. Damit ergibt sich eine höhere zeitliche Auflösung der UV-Strahlungsmessung.

## Radiostromungsmessungen

### 1. Messung von VLF-Rauschen und VLF-Ausbreitung. Projektträger: Dr. R. A. Helliwell, Stanford University Paloalto, Cal.

Bei diesem Experiment ging es darum, Untersuchungen über die VLF-Ausbreitungsbedingungen vor allem im Zusammenhang mit der Ionosphäre auszuführen. Eine weitere Aufgabe bestand darin, den Ursprung des ionosphärischen VLF-Rauschens zu lokalisieren. Als weiteres sollten kontinuierliche synoptische VLF-Beobachtungen ausgeführt werden. Der untersuchte Frequenzbereich liegt zwischen 0,03 und 100 kHz.

Untersucht werden dabei in der Satellitenbahn die folgenden Phänomene: VLF-Geräusche terrestrischen Ursprungs, die vor allem auf Blitzentladungen zurückzuführen sind; VLF-Emissionen, die durch die Bewegung geladener Teilchen in der Hochatmosphäre entstehen, sowie schließlich die Ausbreitungsbedingungen von VLF-Signalen, die von irdischen Sendeanlagen abgestrahlt werden.

Ähnliche Untersuchungen sind bereits mit den Satelliten OGO 1 und OGO 2 ausgeführt worden. Bei OGO 3 und auch bei OGO 4 wurde die Frequenzgrenze weiter nach unten gelegt. Gleichzeitig werden bei den beiden letztgenannten Satelliten auch Messungen des elektrischen Feldes sowie der Antennenimpedanz vorgenommen.

Bei früheren Flügen der genannten Satelliten waren auch bisher nicht bekannte VLF-Quellen entdeckt worden. Bei einigen dieser neuen VLF-Quellen ist der Ursprungsort die Magnetosphäre der Erde. Es konnte ferner ein Protonen- und Helium-VLF-Rauschen festgestellt werden. Was die Ausbreitung von VLF-Wellenstrahlung betrifft, so wurde sowohl kanalförmige Ausbreitung als auch nicht kanalförmige VLF-Ausbreitung festgestellt. Ausgesprochene Ausbreitungsanomalien konnten nach den bisherigen Beobachtungen nicht nachgewiesen werden.

Die Instrumentierung besteht aus fünf Empfängern. Drei dieser Empfänger sind Festfrequenzinstrumente, bei denen jeder etwa eine Oktave des Bereiches von 0,2 bis 100 kHz empfängt. Der vierte Empfänger ist breitbandig und besitzt zwei Empfindlichkeitsbereiche mit je einem speziellen Vorverstärker. Der erste Bereich reicht von 0,03 bis 0,2 kHz und der zweite von 0,2 bis 12,5 kHz. Der fünfte Empfänger ist schmalbandig und durchstimmbar (durch entsprechende Funkkommandos) für den Bereich von 14,7 bis 26,1 kHz. Mit ihm sollen vor allem die irdischen VLF-Sender, d. h. also die Ausbreitungsbedingungen der von ihnen ausgehenden Signale, untersucht werden. Für diese Untersuchungen hat auch die US-Navy einen besonderen VLF-Sender eingesetzt.

Zum Empfang der VLF-Signale wird eine 2,9 m breite Rahmenantenne eingesetzt. Sie befindet sich am Ende eines 6 m langen Auslegers. Wenn der Satellit seine Bahn

erreicht hat, wird die Antenne bzw. ihr Ausleger ausgeklappt. Die Empfänger und die andere für diese Untersuchungen notwendige wissenschaftliche Apparatur ist im Hauptkörper des Satelliten OGO 4 untergebracht.

## **2. Untersuchungen des Rauschens und der niederfrequenten elektromagnetischen Wellenstrahlung im Bereich von 0,5 bis 18 kHz. Projektträger: Prof. M. G. Morgan, Dartmouth-College, Hanover, N. H.**

Die Aufgabenstellung bei diesem Experiment besteht darin, die Ausbreitungsbedingungen für Whistler sowie für andere niederfrequente elektromagnetische Wellen zu untersuchen. Der zu untersuchende Bereich liegt zwischen 500 Hz und 18 kHz. Dabei geht es darum, den Einfluß der Ionosphäre auf diese elektromagnetische Strahlung natürlichen Ursprungs genauer zu präzisieren. Ferner wird in der Aufgabenstellung die Frage nach der Höhe der Reflexion von Whistler-Echos in der Ionosphäre genannt. Dabei geht es vor allem darum, bestimmte Veränderungen dieser Reflexionshöhe in Abhängigkeit von ionosphärischen Veränderungen zu suchen. Man hofft auch, bestimmte Frequenzabhängigkeiten bezüglich der Reflexionshöhe in der Ionosphäre zu finden.

Um bessere Zusammenhänge zu finden, war gleichzeitig ein Netz von Bodenstationen für die Untersuchung von Whistler-Ausbreitungsbedingungen tätig, um die Satellitendaten mit Bodenstationsdaten vergleichen zu können.

Als Instrument wurde ein einfacher breitbandiger Empfänger, der stufenweise den genannten Wellenlängenbereich abtasten konnte, eingesetzt. Nach Erreichen der Flugbahn wurde eine 3-m-Dipolantenne ausgeklappt. Sie befand sich an einem kurzen Ausleger.

## **3. Radioastronomische Untersuchungen. Projektträger: Dr. F. T. Haddock, Univ. of Michigan, Ann Arbor.**

Bei diesen Untersuchungen ging es darum, die Helligkeitsverteilung der 2,5 MHz Radiostrahlungsquellen zu kartieren. Andere Aufgabenstellungen bestanden darin, verschiedene ionosphärische Phänomene zu untersuchen. Darunter fallen angenommene lokal entstehende Rauschzentren auf der Oberseite der Ionosphäre. Der Ursprung von derartigen Rauschquellen ist noch nicht bekannt. Es ist möglich, daß sie durch Tscherenkow-Strahlung entstehen. Schließlich kann es auch möglich sein, mit dieser Apparatur schwach ionisierten interstellaren Wasserstoff durch seinen Absorptionseffekt zu entdecken.

Die Instrumentierung besteht aus kommerziellen Vorverstärkern, die drei verschiedene Kanäle haben. Einer betrifft die Strahlung von 2,5 MHz, der zweite die von 2 MHz, und der dritte ist ein Antennenimpedanzmeßkanal. Für die genannten Frequenzen sind Empfänger installiert. Verwendet wird eine 18 m lange Rohrantenne mit einem Durchmesser von etwa 14,2 mm. Sie wird – nachdem der Satellit seine Erdumlaufbahn erreicht hat – ausgeklappt und befindet sich an einem SOEP.

## **Magnetfeldmessungen**

### **1. Magnetfeldfluktuation geringer Frequenz. Projektträger: Dr. E. J. Smith, Jet Propulsion Lab. und Dr. R. E. Holzer, Univ. of California, Los Angeles.**

Die wissenschaftliche Aufgabenstellung dieser Untersuchungen besteht in der Feststellung der Natur der Magnetfeldfluktuation im nieder- und höherfrequenten

Bereich (0,01 bis 1000 Hz). Das bezieht sich auf Signale, die an der Erdoberfläche beobachtet worden sind und die – soweit bekannt ist – ihren Ursprung innerhalb oder oberhalb der Ionosphäre haben. Dazu gehören Mikropulsationen im Bereich von 0,03 bis 0,1 Hz, hydromagnetische Emissionen im Bereich von 1 bis 5 Hz und ELF-Emissionen im Bereich von 200 bis 100 Hz (ELF = Extrem Low Frequencies). Es ist außerdem möglich, daß man terrestrische ELF-Radioquellen, die durch Blitze entstehen, entdecken kann.

Man will mit diesem Experiment auch bestimmte Erscheinungen untersuchen, die von der Erdoberfläche aus nicht zu beobachten sind, die man aber in der oberen Ionosphäre anzutreffen annimmt und die mit magnetischen Schwankungen einhergehen müßten. Es handelt sich also um Erscheinungen, die durch das Eindringen von Plasmawolken in der Nähe der Polarlichtzonen der Erde zusammenhängen. Ferner müßten sich auch ionosphärische Störungen bemerkbar machen. Auch die Bewegung der Satelliten innerhalb des Erdmagnetfeldes sollte hier bestimmte niederfrequente magnetische Fluktuationen erzeugen. Hervorgerufen dürften sie vor allem durch das Passieren polarer und äquatorialer elektrischer Ströme werden.

Ein gleichartiges Experiment wurde mit den vorangegangenen drei OGO-Satelliten ausgeführt. Dabei konnten hochfrequente magnetische Fluktuationen nahe der Grenze der Magnetosphäre sowie in der vorderen „Schockwelle“ der Polarlichtzonen festgestellt werden.

Das Magnetometer besitzt eine dreiaxiale Anordnung der Meßkeulen. Es befindet sich am Ende eines langen Auslegers, um es gegen magnetische Störungen, die durch den Raumflugkörper bzw. seine elektronische Apparatur entstehen, abzuschirmen. Die Meßwerte von jeder der drei magnetischen „Keulen“ sind proportional der zeitlichen Änderung des Magnetfeldes in den entsprechenden drei räumlichen Achsen.

## **2. Messungen des Magnetfeldes der Erde. Projektträger: Dr. C. J. Cain, Goddard Space Flight Center, Huntsville, Alabama.**

Für exakte skalare Vermessungen des irdischen Magnetfeldes wurde bei diesem Experiment ein Rubidiumdampfmagnetometer verwendet. Im Vergleich mit den vektorialen Felddaten, die aus Oberflächenmessungen und Flugzeugmessungen extrapoliert werden können, werden die Daten dieses Instruments helfen, fortlaufend eine Verbesserung der mathematischen Beschreibung des mittleren Erdmagnetfeldes auszuführen. Die zeitlichen Veränderungen des Feldes werden außerdem weiterhin studiert, und man wird in der Lage sein, die täglichen und die Sturmvariationen des Erdmagnetfeldes oberhalb der Ionosphäre festzustellen. Die Flugbahn des Satelliten wird es möglich machen, vielseitigere Bestimmungen der Variationen der täglichen solaren Aktivität sowohl an ruhigen Tagen als auch bei Sonneneruptionen auszuführen. Das gleiche gilt auch für die äquatorialen und polaren elektrischen Ströme in der Hochatmosphäre.

Erstmalig wurden globale magnetische Untersuchungen mit ähnlichen Instrumenten wie durch OGO 2 ausgeführt. Dadurch, daß diese Untersuchungen mit diesem Satelliten fortgeführt werden, ist man in der Lage, bestimmte periodische Veränderungen, die im Zusammenhang mit der Sonnenaktivität stehen, festzustellen. Auch säkulare Änderungen müssen sich herausstellen. Da dieser Satellit zu einer Zeit hoher Sonnenaktivität die Erde umkreist, wird es auch genügend Möglichkeiten geben, derartige Untersuchungen bei Magnetsturmsituationen auszuführen.

Das Magnetometer ist am Ende eines anderen langen Auslegers angebracht. Seine Meßgenauigkeit beträgt  $\pm 1$  Gamma.

## Experimente zur Untersuchung der kosmischen Strahlung

### 1. Untersuchung der kosmischen Strahlung und der Ionisation in den Polargegenden der Erde. Projektträger: H. V. Neeher, Calif. Instit. of Techn., Pasadena, Calif.

Die vornehmliche Aufgabenstellung bei diesem Experiment besteht darin, das Verhalten der kosmischen Strahlung im irdischen Magnetfeld zu untersuchen. Diese Informationen sollen mit Meßwerten verglichen werden, die gleichzeitig mit ähnlichen Instrumenten bei Ballonaufstiegen über verschiedenen geografischen Breiten gewonnen werden.

Die Instrumentierung besteht aus einer 12,7 cm Ionisationskammer mit Argon-Füllung. Die Meßwerte der Kammer entsprechen dem Einfall der kosmischen Strahlung. Der untere Grenzwert der Empfindlichkeit dieser Ionisationskammer liegt für Protonen bei 10 MeV, bei Alphateilchen im Bereich von 40 MeV und für Elektronen bei etwa 0,5 MeV.

### 2. Untersuchung der galaktischen und solaren kosmischen Strahlung. Projektträger: Dr. W. R. Webber, Univ. of Minnesota, Minneapolis.

Die durch dieses Experiment erhaltenen Meßwerte gestatten es, das Energiespektrum sowohl von galaktischer als auch solarer Protonenstrahlung über den Energiebereich von 40 MeV bis 1000 MeV zu bestimmen. In entsprechend anderen Energiebereichen gilt dies natürlich auch für andere Teilchen. Ferner ist es möglich, die Einfallsrichtung der registrierten Teilchen zu bestimmen. Dadurch, daß man das Erdmagnetfeld sozusagen als Analysator benutzt, kann man in den Äquatorialregionen Protonen bis zum Energiebereich von 30 000 MeV nachweisen. Das Instrument fungiert ferner als ein Meßgerät mit extrem hoher Zähtrate. Das bezieht sich auf alle Teilchen, die in der Lage sind, 0,5 g Masse  $\text{cm}^2$  zu durchdringen.

Das Instrument besteht aus einem Hauptdetektor, der in Richtung entgegen der Erde orientiert ist. Die Apparatur besteht aus einem Szintillationskristall in Verbindung mit einem Szintillations- und Tscherenkow-Zähler. Die geringste festzustellende Energiebilanz von Teilchen ist durch die Dicke des Kristalls und die Stärke der Abschirmung bestimmt.

### 3. Messungen energiereicher Partikel. Projektträger: Dr. J. A. Simpson, Univ. of Chicago.

Bei diesem Experiment werden Protonen im Energiebereich zwischen 0,5 und 40 MeV und Alphateilchen im Bereich zwischen 2 und 160 MeV untersucht. In der weiteren Fortführung der Untersuchung der kosmischen Strahlung besteht die Hauptaufgabe dieses Experimentes darin, weiterhin Feststellungen über die Ausdehnung des Spektralbereichs der nichteingefangenen Protonen und Heliumkerne mit relativ geringen Energien zu machen. Vor allem sollen diese Messungen außerhalb von Eruptionsperioden der Sonne stattfinden. Man hofft, dadurch galaktische von solaren Partikeln unterscheiden zu können. Diese Daten als auch diejenigen, die man während der Sonneneruptionen gewinnt, sollen zur Bestimmung der charakteristischen Ausbreitung von Teilchen der solaren kosmischen Strahlung während der Periode der relativ aktiven Sonne dienen. Dabei geht es auch darum, den Einfluß interplanetarer Magnetfelder auf diese Teilchen zu untersuchen. Die Meßapparatur wird fernerhin Protonen und Heliumkerne in geringeren Höhen sowie Polarlichtprotonen im Energiebereich des Detektors mit aufnehmen.

Als Meßinstrumente dienen zwei oktagonale „Strahlungsteleskope“, die im Hauptkörper auf der der Erde abgewandten Seite installiert sind. Die Teleskope

bestehen aus Kunststoffdetektoren in Koinzidenzanordnung. Senkrecht dazu ist ein einfacher Kunststoffszintillationsdetektor zur Messung des isotropen Protoneneinfalls in das Erdmagnetfeld angebracht.

Zum Abschluß dieses Beitrags sei noch kurz die verwendete Trägerrakete sowie das Startverfahren für diesen Satelliten mit 454 kg dargestellt. Verwendet wurde eine schubverstärkte Thor Agena-D. Die erste Stufe der Thor-Rakete hat die Bezeichnung LV-2 A. Seitlich an ihr sind drei Feststoffraketen mit der Bezeichnung TX-33-52 angebracht.

Bekanntlich handelt es sich bei der Thor um eine Flüssigkeitsrakete, die als Hauptmotor den NB-3-Block-III-Motor verwendet. Als Treibstoff findet RJ-1 und flüssiger Sauerstoff Verwendung. Die drei Feststoffraketenmotoren benutzen als Treibstoff Polybutadien-Akrylsäure zusammen mit verschiedenen Polymeren und Ammoniumperchlorat. Der Schub des Hauptmotors beträgt 75,7 Megapond, und die drei Feststoffraketen liefern jeweils 30 Megapond Schub.

Bei der zweiten Stufe handelt es sich um die Thor-Agena-D-Rakete, die mit unsymmetrischen Dimethylhydrazin und rotrauchender Salpetersäure arbeitet. Der Schub, den diese Agena-D-Rakete mit dem Triebwerk Bell 8096 liefert, beträgt 7,25 Megapond. Bei dem Start des OGO-Satelliten wurde dieses Triebwerk nur einmal gezündet (es ist wiederzündbar). Damit ergab sich die Möglichkeit, den Einflug des Satelliten in seine Erdumlaufbahn mit Hilfe der Radaranlage der Western Test Ranges direkt zu verfolgen. Außerdem war der Start so erfolgt, daß der Raumflugkörper sich während der ersten 48 Stunden seines Erdumflugs ständig im Sonnenlicht befand.

Die Thor-Rakete besitzt zwei Steuerungssysteme. Eines davon ist das Western Electric Company Airborne Guidance Set Subsystem, abgekürzt WECO. Dieses Steuerungssystem ist in der Agena-Stufe untergebracht. Es übernimmt 90 Sekunden nach dem Abheben die Steuerung der Rakete. Das WECO-System arbeitet zusammen mit einem WECO-Bodenradarleitsystem. Es ist während des gesamten Aufstiegs der Thor-Rakete in Tätigkeit, gibt diskrete Kommandos für den Brennschluß des Thor-Haupttriebwerkes sowie für die Trennung der Agena-Stufe. Das zweite Steuerungssystem, das in der Thor-Rakete untergebracht ist, bildet eine Programmsteuerungsanlage, die unabhängig von äußeren Kommandos arbeitet.

Die Agena benutzt ebenfalls zwei Steuerungssysteme. Einmal das bereits erwähnte WECO-System und zum anderen ein Programmsteuerungssystem, das von Kommandos unabhängig ist. Während des Arbeitens des Agena-Triebwerkes sorgt das WECO-System für die Stabilisierung und Ausrichtung in der „pitch“- und „yaw“-Achse. Das zweite Steuerungssystem der Agena-Stufe sorgt unter Verwendung von optischen Horizontensensoren für die Ausrichtung und Stabilisierung in der „roll“-Achse. Außerdem gibt das letztgenannte Steuerungssystem das Brennschlußkommando für den Agena-Raketenmotor.

Der Aufstieg der schubverstärkten Thor erfolgt senkrecht, wobei das Haupttriebwerk und die drei Feststoffraketenmotoren gleichzeitig arbeiten. Programmgemäß erfolgt die Umlenkung der Flugbahn in den Azimut von 177 Grad durch das autonome Steuerungssystem der Thor-Rakete. Die drei Feststoffstarttriebwerke haben nach 43 Sekunden Brennschluß und werden 65 Sekunden nach der Zündung von der Thor-Rakete abgesprengt. 90 Sekunden nach dem Start übernimmt das WECO-System die Steuerung. 149 Sekunden nach dem Start hat das Haupttriebwerk der Thor Brennschluß. Abgekürzt bezeichnet man dies als MECO, das bedeutet Main Engine Cutoff. MECO kann vom WECO-System gegeben werden. Außerdem besitzt die Thor noch einen Spezialschalter, der ausgelöst wird, wenn der Treibstoff-

vorrat einen bestimmten Minimalwert unterschreitet. Auch dieser Schalter kann MECO auslösen. Die Vernier-Triebwerke arbeiten noch weitere 10 Sekunden nach Brennschluß des Haupttriebwerkes.

Die Trennung der Agena-Stufe erfolgt auf Kommando des WECO-Systems. Dabei werden die Sprengbolzen gezündet und gleichzeitig in der Adaptersektion der Thor-Rakete Retroraketen in Betrieb gesetzt. Damit wird die Geschwindigkeit der ersten Stufe etwas herabgemindert, um Kollisionen mit der Agena-D zu vermeiden.

60 Sekunden nach der Trennung wird das Triebwerk der Agena-Stufe gezündet, das für 4 Minuten arbeitet. Die aerodynamische Schutzverkleidung des Satelliten wird 10 Sekunden nach dem Zünden der Agena-Stufe abgesprengt. Nach Brennschluß des Agena-Triebwerkes erfolgt eine Stabilisierung dieser Raketenstufe mit der Nutzlast, die weitere 99 Sekunden in Anspruch nimmt. Diese Stabilisierung erfolgt mit Hilfe des WECO-Steuerungssystems.

568 Sekunden nach dem Start wird mit Hilfe kleiner Feststoffraketen der OGO-Satellit von der Agena-Stufe getrennt und erhält relativ zu ihr eine Geschwindigkeit von 1,35 m/s. 3 Sekunden nach der Trennung wird die Agena-Stufe um 90 Grad gedreht und erhält durch die Kaltgasdüsen einen weiteren Impuls, der sichert, daß keinerlei Kollisionen mehr vorkommen können. 15 Sekunden nach der Trennung des Satelliten beginnt das „Ausfahren“ der Ausleger. Zwei Minuten nach der Trennung erfolgt die Stromversorgung über die ausgeklappten Solarzellenflächen.

## **Großbritannien scheidet aus der ELDO aus**

Den britischen Raketenplänen mangelte es schon immer an Geld. Weil der Finanzminister nicht genügend Mittel bereitstellen konnte, mußte Großbritannien sein „Blue-Streak“-Raketenbauprogramm auf internationaler Ebene im Rahmen der ELDO, der 1962 gegründeten (West-) Europäischen Raketenorganisation, fortsetzen. Durch die Mitbeteiligung weiterer Staaten konnte das Weiterlaufen der britischen Raketenpläne gesichert werden, und Großbritannien baute die erste Stufe der „Europa-Rakete“. Schon 1966 mußte Großbritannien wegen seiner mißlichen Finanzlage um eine Kürzung seines ELDO-Beitrages nachsuchen; anstelle eines Drittels der ELDO-Kosten übernahm es seit 1967 27 Prozent, während der Fehlbetrag im wesentlichen von Frankreich und Westdeutschland übernommen wurde.

Die gegenwärtige Pfundkrise hat die britische Finanzlage weiter verschlechtert. Die Wilson-Regierung hat im April 1968 im Zuge ihrer Sparmaßnahmen den Beschluß gefaßt, aus der ELDO auszuschcheiden. Bis 1971/72 wird Großbritannien sich noch an den ELDO-Arbeiten beteiligen und seine Beiträge zahlen, die von 10 Millionen Pfund Sterling im Jahre 1963 auf 24 Millionen Pfund Sterling 1966 und 31 Millionen Pfund Sterling 1971 anstiegen. An der ESRO, der (West-) Europäischen Organisation für Weltraumforschung will Großbritannien aber weiter mitarbeiten; es ist auch bereit, den um sechs Prozent erhöhten Beitrag zu zahlen.

Für die ELDO ergibt sich die Frage, was aus ihren Programmen für die siebziger Jahre werden soll. Wird Westdeutschland in die Finanzbresche springen, den fehlenden britischen Beitrag übernehmen und damit seine Position in der ELDO und im Raketenbau festigen? Das Bonner Drängen nach Kernwaffen und Raketenträgern für diese Waffen macht es wahrscheinlich, daß sich Bonn diese Chance nicht entgehen lassen wird.

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

## Vladimir Mandl – der Vater des Weltraumrechts

Bericht an das Kolloquium über Weltraumrecht des Internationalen Instituts für Weltraumrecht, New York, 13.–19. Oktober 1968.

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Auf der XVIII. Jahrestagung der Internationalen Astronautischen Föderation Ende September 1967 in Belgrad, wurden erstmals historische Themen behandelt und Berichte über die Frühgeschichte der Raketen- und Weltraumtechnik vorgetragen. Es ist an der Zeit, auch die Frühgeschichte der Wissenschaft vom Weltraumrecht darzustellen und der Männer zu gedenken, die sich erstmals Gedanken über die juristischen Konsequenzen der Erforschung und Eroberung des Weltraums machten.

In den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts rückte die Rakete erneut in den Mittelpunkt des technischen und wissenschaftlichen Interesses. Die Arbeiten Ziolkowskis über das Raketenprinzip hatten klargemacht, daß der Weltraum mit Raketen erobert werden kann. Damals begannen sich auch die Juristen für die Weltraumfahrt und ihre rechtlichen Probleme zu interessieren. Professor W. Schoenborn von der Universität Kiel bezeichnete in seiner Vorlesung „Die juristische Natur des Territoriums“, die er 1929 im Friedenspalast in Den Haag hielt, als äußeren Bereich der staatlichen Souveränität die Grenze der Atmosphäre. Jenseits der Atmosphäre beginnt die Anökumene, der nicht bewohnbare und nicht nutzbare Teil der Welt. Wenn die Raketenflugzeuge eines Tages neue Probleme aufwerfen und neue Lösungen erfordern sollten, so war das eine Frage, die Professor Schoenborn kommenden Generationen überlassen wollte (1). Ein tschechoslowakischer Jurist war optimistischer als Professor Schoenborn und glaubte, daß schon in seiner Generation es möglich sein würde, mit Raketen in den Weltraum vorzudringen. Dieser Mann war Dr. Vladimir Mandl, den Fasan mit Recht als den „Vater der Wissenschaft vom Weltraumrecht“ bezeichnet (2).

Mandl wurde am 20. März 1899 als Kind einer angesehenen Juristenfamilie in Pizen (damals Österreich, heute CSSR) geboren. In seiner Jugend interessierte er sich sehr für technische Probleme und für die Luftfahrt. Die Romane von Jules Verne bildeten seine Lieblingslektüre. Als dreizehnjähriger Knabe baute er sich ein Flugzeug vom Typ Blériot; es war 6 m lang, für eine Person bestimmt und mit einem Motorradmotor versehen; es hat sich aber niemals in die Lüfte erhoben. Vladimir Mandl wollte Ingenieur für Maschinenbau werden, aber dem Wunsche seines Vaters folgend studierte er Rechtswissenschaft an der Karls-Universität in Prag und ließ sich nach beendeter Ausbildung in Pizen als Rechtsanwalt nieder. Neben seiner beruflichen Tätigkeit beschäftigte er sich ständig mit technischen Problemen und erwarb 1929 das Diplom zum Flugzeugführer. Gleichzeitig war er auch wissenschaftlich-literarisch tätig. 1932 erwarb er an der Juristischen Fakultät der Universität Erlangen mit der Doktorarbeit „Der zivilistische Aufbau des Schadensersatzrechts“ den akademischen Grad eines Doktors der Rechtswissenschaften. In einem Brief an Professor Nikolai Rygnin (Leningrad) – wahrscheinlich 1934/1935 geschrieben – schreibt er über sein Leben:

„Über das Luftrecht schrieb ich 1928 in tschechischer Sprache das Buch „Luftrecht“, das 1928 auch in deutscher Sprache unter dem Titel „Das tschechoslowakische Luftverkehrsgesetz“ erschien. In französischer Sprache erschienen Artikel in der Zeitschrift „Droit Aérien“ in Paris, und 1932 veröffentlichte ich in tschechischer Sprache die Broschüre „Das internationale Übereinkommen über die Regelung des Luftverkehrs und das tschechoslowakische Luftverkehrsgesetz“. Im gleichen Jahr – 1932 – habilitierte ich mich als Privatdozent für das Recht der Industrieunternehmen an der Technischen Hochschule in Prag. Das Luftrecht führte mich zu den Rechtsproblemen der Weltraumfahrt. 1932 erschien „Das Weltraumrecht“; ich erwähnte darin auch die möglichen volkswirtschaftlichen Folgen der Auswanderung in den Kosmos. Weil es in tschechischer Sprache keine Abhandlung über interplanetare Flüge gab, veröffentlichte ich 1932 das Buch „Das Problem des interstellaren Verkehrs“ mit 38 Bildern, in dem ich die Geschichte der kosmonautischen Idee und die hauptsächlichsten Prinzipien des Raketenfluges schilderte und eigene Entwürfe entwickelte. Eine Höhenrakete meldete ich in der Tschechoslowakei zum Patent an und beschrieb sie in deutscher Sprache in der Broschüre „Die Rakete für Höhenforschung“, die 1934 von der „Gesellschaft für fortschrittliche Verkehrstechnik“ in Berlin herausgegeben wurde“ (3). Mit den Pionieren der Weltraumfahrt wie Hermann Oberth und Robert Esnault-Peltérie stand Mandl in brieflicher Verbindung.

Um einen größeren Leserkreis zu erreichen, schrieb Vladimir Mandl sein „Weltraum-Recht, Ein Problem der Raumfahrt“ in deutscher Sprache. Er widmete diese Schrift seinem Vater.

Es war aber sehr schwer für ihn, einen Verleger zu finden. Die Verlage R. Oldenbourg, München und Berlin, und P. Thienemann, Stuttgart, die bereits einige Bücher über Weltraumfahrten herausgegeben hatten, lehnten im Oktober 1931 eine Veröffentlichung ab – wahrscheinlich war ihnen das Thema zu utopisch. Auch der Herausgeber der Zeitschrift „Archiv des Luftrechts“, Professor Dr. Oppikofer, lehnte den Abdruck in seiner Zeitschrift ab. Im Frühjahr 1932 ließ Mandl auf eigene Kosten 500 Exemplare des 48 Seiten starken Büchleins „Das Weltraumrecht“ drucken und für 2,50 Mark durch den Verlag I. Bensheimer, Mannheim–Berlin–Leipzig, vertreiben. Das Büchlein erschien im September 1932 auf dem Büchermarkt. Fast genau 25 Jahre vor dem Start des 1. Sputniks, 1932 wurden 18 Exemplare, 1933 sieben Exemplare verkauft – das Interesse für das Weltraumrecht war also nicht sehr groß. Mandl verschenkte daher den größten Teil der Auflage. Als er seine Schlußabrechnung machte, ergab sich, daß er 3984 Kronen ausgegeben und 284 Kronen eingenommen hatte. „Das Weltraumrecht“ war ein Verlustgeschäft gewesen!

Mandl entwickelte in seiner Broschüre einige noch heute strittige Probleme, so zum Beispiel: Dem See- und Luftrecht ist ein Weltraumrecht zur Seite zu stellen. – Zum Weltraumrecht werden alle juristischen Regelungen, welche durch die Eroberung des Weltraums erforderlich werden zusammengefaßt. – Luftfahrtabkommen gelten nicht für Raumfahrzeuge. – Die Raumfahrt beginnt, wo die Luftfahrt endet; und wo der Luftraum aufhört, endet zugleich die Gebietshoheit. – Ein Raumfahrer hat allen Schaden, den dritte Personen durch seine Verfügung über das Raumfahrzeug erleiden, ohne Rücksicht auf sein Verschulden zu ersetzen und darf höchstens das Mitverschulden des Geschädigten einwenden. – Sobald ein Raumfahrzeug in die Luftsouveränitätszone eindringt, wird es von der staatlichen Kompetenz ergriffen. – Der Raumschiffkapitän hat Befehlsmacht und Strafgewalt über seine Besatzung.

Mandl wußte um die hohen Kosten einer Mondrakete, die W. Ley 1928 ohne Vorversuche auf 3,5 Millionen Reichsmark ansetzte. „Sancta simplicitas!“ ist man angesichts der heutigen hohen Kosten versucht auszurufen. Mandl glaubte aber, daß sich genug Geldgeber für derartige Unternehmen finden würden, und so stand für ihn der private Weltraumunternehmer im Vordergrund. Die Raumbefahrung würde einen Grenzstein in der Weltgeschichte bedeuten, und wie so mancher Jurist unserer Tage befaßte sich Mandl, wenn auch nur kurz, mit den Rechtsfragen einer Auswanderung in das Weltall. Er meinte, es werde eine wahre Völkerwanderung von der Erde in die neu erschlossenen Weltraumgegenden stattfinden, wo sich ganz neuartige Herrschaftsverbände bilden würden.

Daß Mandl mit seinem Büchlein keine Resonanz fand, wird verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß nach Hitlers Machtergreifung im Jahre 1933 die Reichswehr die Raketen-technik an sich zog. Alles, was mit Raketen zusammenhing, wurde „Geheime Reichssache“. Die Reichswehr hoffte, mit der Rakete die ihr im Versailler Vertrag 1919 vorgeschriebenen Beschränkungen in der Artillerieausstattung umgehen und ihre artilleristische Unterlegenheit gegenüber ihren potentiellen östlichen und westlichen Gegnern ausgleichen zu können.

Neben seinen technischen Interessen beschäftigte er sich auch mit sozialen Problemen. Beides glaubte er in den Ideen der Technokraten vereinigen zu können. Durch das Studium technokratischer Ideen beeinflusst, schrieb er das Buch „Technokratie, Wirtschaftssystem der Zukunft“, das 1934 in Prag erschien, und „Essays of an European Technocrat“, das 1936 in Los Angeles veröffentlicht wurde. In beiden Büchern kommt sein Bemühen um eine gerechte Sozialordnung zum Ausdruck.

Mandl brachte auch der Entwicklung der Sowjetunion lebhaftes Interesse entgegen und besuchte die UdSSR 1938. Er gehörte zu den Gründern der Ortsgruppe Pilsen der „Gesellschaft für kulturelle und ökonomische Beziehungen zur UdSSR“. Auch nach der Besetzung der Tschechoslowakei durch Hitler unterstützte er im Geheimen die Tätigkeit dieser Gesellschaft.

Dr. Vladimir Mandl, Rechtsanwalt und Dozent, ein rastlos tätiger und vielseitig interessierter Mann, erlebte den Anbruch des Weltraumzeitalters nicht mehr. Er starb an Lungentuberkulose am 8. Januar 1941 im Sanatorium „Na Plesí“ in der Nähe von Prag, nur 42 Jahre alt. Wenn heute vom Weltraumrecht gesprochen wird und es sich zu einer eigenen Rechtsdisziplin entwickelt, dann soll Vladimir Mandl, einer der ersten Pioniere des Weltraumrechts, nicht vergessen werden.

#### Anmerkungen:

1. W. Schoenborn, La nature juridique du territoire, Recueil des Cours de L'Academie de Droit International, Vol. V/1929, p. 158.
2. E. Fasan, Weltraumrecht, Mainz, 1965, S. 21.
3. Nach einer Mitteilung des Instituts für Internationales Recht der Juristischen Fakultät Bratislava vom 7. März 1963 an den Verfasser. Für weitere Mitteilungen über das Leben Dr. Vladimir Mandls ist der Verfasser dessen Sohn Dr. Petr Mandl zu besonderem Dank verpflichtet.

## Der Mensch – künftiger „Bauherr“ im Kosmos

Thema eines Rundtischgesprächs der „Nedelja“-Redaktion mit Spezialisten für Raumfahrtphysik und Aerodynamik. Auszug aus „Presse der SU“, 04/1968.

Gegenwärtig werden sowohl in der UdSSR als auch im Ausland unterschiedliche Varianten für Orbitalstationen entwickelt. Welche sind die aussichtsreichsten?

Prof. G. Pokrowski: Wir haben uns daran gewöhnt, daß Raumschiffe eine riesige, pfeilförmige Konstruktion haben. Es ist möglich, daß der aus einzelnen Bauteilen im Kosmos montierte Flugkörper oder die Orbitalstation der Zukunft eine ganz andere Form aufweisen.

Einfacher und leichter ist es, eine ovale, in der Flugrichtung langgestreckte Station zu bauen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in Zukunft ständige Stationen, die auf einer Kreisbahn angeordnet sind, mit durchgängigen künstlichen Ringen verbunden werden. Vielleicht wird es auch notwendig, mehrere solcher Ringe zu schaffen, die sich in einer Ebene befinden, sie zu koppeln, dabei die inneren Ringe zu bremsen, die äußeren zu beschleunigen. Ein solches System würde die höchste Form der Raumstationen darstellen.

Unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit ist es möglich, leichte Konstruktionen zu bauen, die sich wesentlich von denen auf der Erde unterscheiden. Praktisch kann man im Kosmos Anlagen beliebiger Dimensionen, in der Größenordnung von Hunderten Kilometern, bauen.

Welche Werkstoffe können beim Bau kosmischer Anlagen verwendet werden?

Prof. G. Pokrowski: Neben konventionellen denken wir an superleichte Folienkonstruktionen. In den Kosmos wird ein verhältnismäßig kleiner Behälter befördert. In vorgegebener Höhe öffnet er sich und schleudert ein Paket fest zusammengelegter Folie heraus. Darin befindet sich eine gewisse Menge Gas. Im Vakuum des Weltraums beginnt das ganze System sich aufzublähen. Die Konstruktion erinnert an einen gewöhnlichen Kringel (Ring mit kreisförmigem Querschnitt). Sein Innendurchmesser ist mit Folie überspannt. Auf dem „Kringel“ sind die Behälter mit den Geräten befestigt. Mit Hilfe eines Orientierungssystems wird die gesamte Anlage in einen bestimmten Winkel zur Sonne und zur Erde eingestellt. Diese Anlage läßt sich auch aus mehreren Teilen zusammensetzen, die in Einzelbehältern in den Weltraum befördert werden.

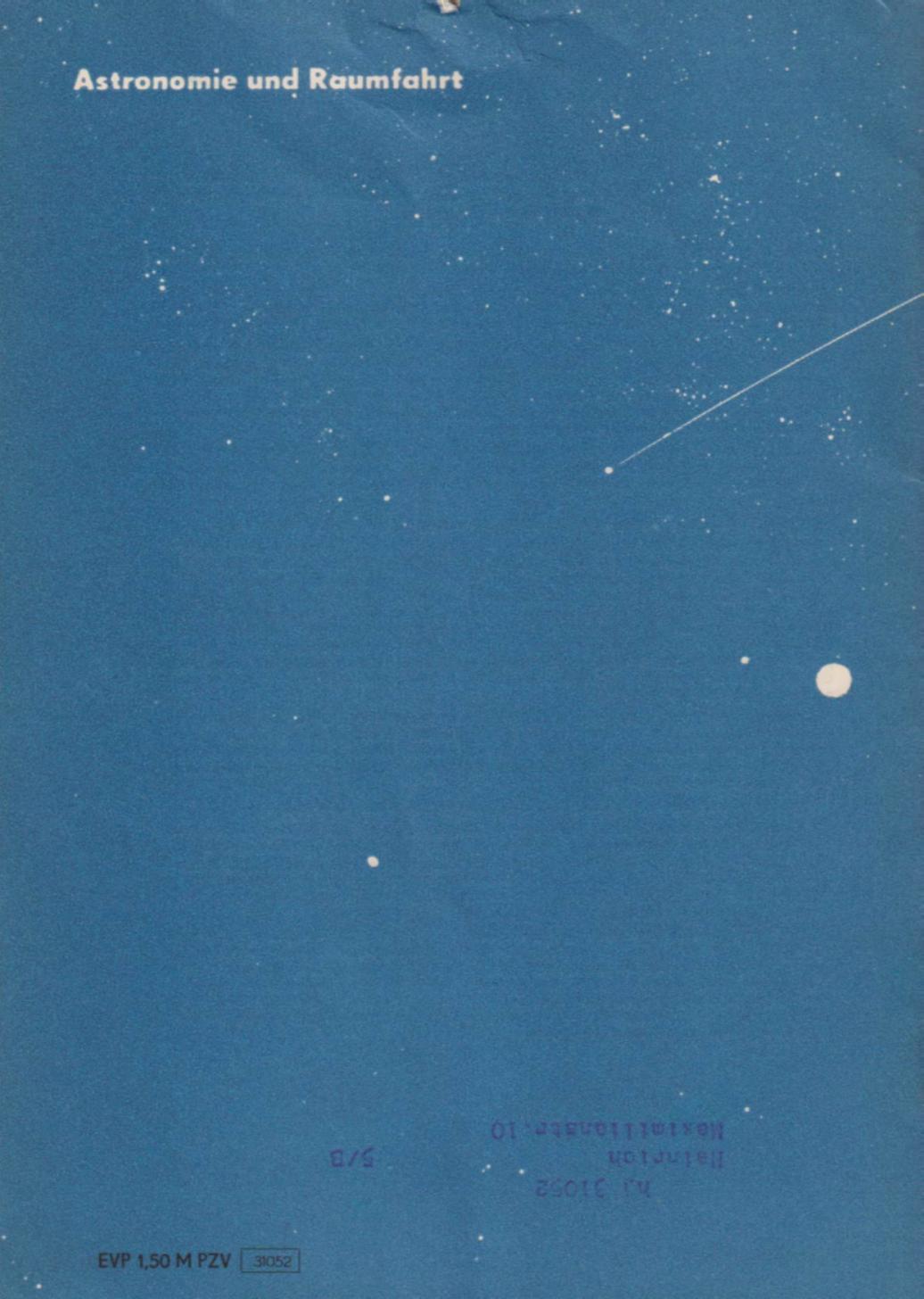
Ein Objekt, das mit Triebwerken von geringer Leistung ausgerüstet ist und auf eine Bahn mit dem Radius von 40 000 Kilometer gebracht wird, umkreist einmal in 24 Stunden die Erde. Es kann auf einen bestimmten Meridian eingestellt werden. Nachts kann die mit Metall überzogene Folienkonstruktion des Orbitalkörpers die Sonnenstrahlen zur Erde reflektieren und stärker als der Mond leuchten.

Welchem Zweck wird eine solche Folienkonstruktion im Weltraum dienen?

Prof. G. Pokrowski: Mit Hilfe eines wenig gekrümmten Spiegels aus dünner, reflektierender Folie kann man die Sonnenstrahlen auf allen Wählern für Sonnenenergie sammeln, kann Energieanlagen konstruieren, die den gewöhnlichen nicht ähneln, und sogar Spiegel für Richtfunkverbindungen bauen. Die zu einem einheitlichen kosmischen System verbundenen und auf einer Bahn angeordneten Sputniks werden durch Richtstrahlübermittlung wissenschaftliche Informationen austauschen.

Bisher war lediglich von leichten, automatisch gesteuerten Vorrichtungen die Rede, aber die Zeit ist nicht mehr fern, da im Weltraum große Orbitalstationen auftauchen werden, die regelrechte kosmische Inseln mit langer Betriebsdauer darstellen. Solche Stationen müssen „an Ort und Stelle“ gebaut werden. Die Aufgabe, eine gewaltige Menge von Baustoffen auf eine Umlaufbahn zu bringen, ist jedoch außerordentlich schwierig. Offenbar wird es dazu kommen, daß die Materialien direkt dem Kosmos entnommen werden. In diesem Falle muß die Aufmerksamkeit den Asteroiden gelten.

# Astronomie und Raumfahrt



5/B

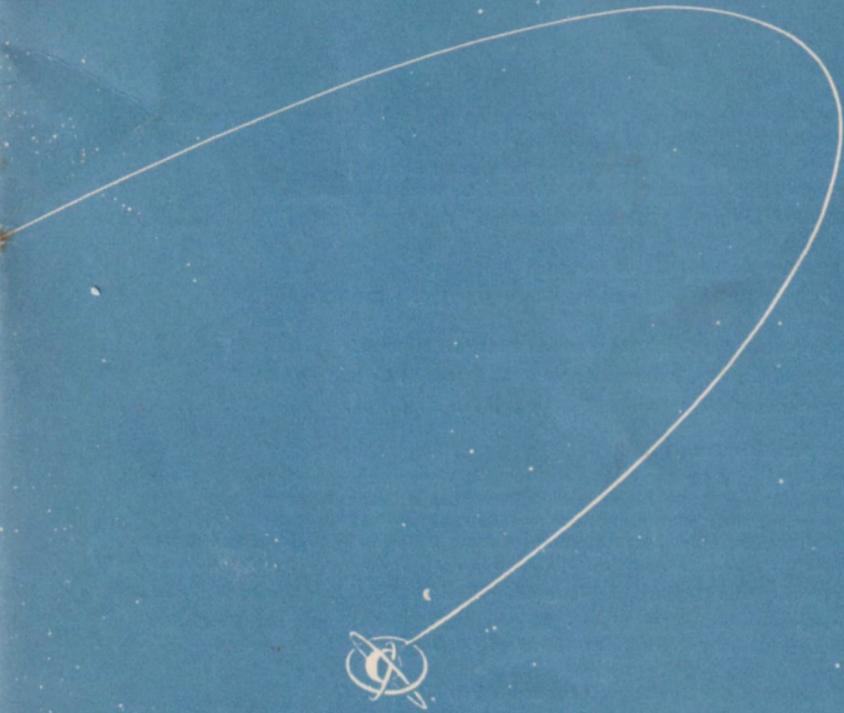
Maximilianstr. 10

Heinrich

M 31052

5-B

H. C.  
F. J.  
7.3.72



# Astronomie und Raumfahrt

## Inhalt

	Seite
Die Volks-, Schul- und Privatsternwarten in der Deutschen Demokratischen Republik · MR Dr. <i>Karl Sigmund</i> . . . . .	129
Waren außerirdische Kosmonauten bei uns zu Besuch?	
Bemerkungen zu einem Buch · Prof. Dr. <i>Gerhard Reintanz</i> . . . . .	132
300 000 Jahre mit $\pm 1$ Sekunde Differenz · Ing. <i>Max Röttsch</i> . . . . .	134

### Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenflecktätigkeit im 2. Vierteljahr 1968 · <i>Erich Schütz</i> . . . . .	136
---	-----

### Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Beratung des ZFA Astronomie am 24. Mai 1968 in Leipzig · <i>H. Wolf</i> . . . . .	136
Planetarium in Potsdam eröffnet . . . . .	138

### Aus der Literatur

Neues Material für Teleskopspiegel — Röntgenstrahlung aus einem Spiralnebel	
Neues aus der Radio-Astronomie — Bewegung auf dem Mond — Venus-Rotation noch immer widerspruchsvoll — Mondbasalt — Tektite (Glas vom Mond?)	
Fotografie eines Mondsatelliten von der Erde aus — Weltraumschiff zum Neptun . . . . .	138–140
Ungewöhnliche Objekte im Weltraum · Prof. Dr. <i>W. A. Ambarzumjan</i> . . . . .	141
Probleme der Mondforschung · Akademiemitglied <i>G. Petrow</i> und Dr. <i>G. Skuridin</i> — Jupiter mit Ringsystem? · Prof. Dr. <i>G. Pokrowski</i> . . . . .	142

### Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Kernreaktoren in der Raumfahrttechnik · <i>H. D. Naumann</i> . . . . .	147
Was kostet Raumfahrt? · <i>Hans Swart</i> . . . . .	153
COMSAT 1967 · Prof. Dr. <i>Gerhard Reintanz</i> . . . . .	157
Ist die ELDO am Ende? . . . . .	158
Fernsehkamera für Mondastronauten . . . . .	159
Bölsche-Preis für <i>L. I. Sedow</i> · <i>Horst Hoffmann</i> . . . . .	160

### Neue Bücher

Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten 3. Umschlagseite	
--	--

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lamprecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Rühle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11–12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1968 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, Halle (S.), Geiststraße 22

# **Die Volks-, Schul- und Privatsternwarten in der Deutschen Demokratischen Republik**

MR Dr. KARL SIGMUND

In den letzten Jahren sind in vielen Orten kleinere und größere Sternwarten entstanden, die der Öffentlichkeit zugänglich sind und die zusammen mit älteren Einrichtungen gleicher Art ein recht dichtes Netz von Beobachtungsmöglichkeiten in allen Bezirken unserer Republik bilden.

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes hat sich die Aufgabe gestellt, diese Sternwarten zu erfassen und die Sternfreunde damit bekannt zu machen.

Ich erhielt den Auftrag, die bisher vorliegenden Angaben von den Beobachtungsstellen für unsere Zeitschrift in Kurzbeiträgen zu bearbeiten. Dem kann ich aber nur gerecht werden, wenn ich mir selbst ein Bild von diesen Einrichtungen mache, wenn ich die Orte und Landschaften kenne, in denen sie stehen, wenn ich die Menschen kennenlernen, die dort in einem oft opferreichen und selbstlosen Dienst diese Sternwarten geschaffen haben, die in ihnen arbeiten, sie betreuen und weiterentwickeln.

Ich bitte daher die Sternwarten-Leiter, mir Gelegenheit zu geben, ihre Einrichtungen und deren Betreuer kennenzulernen, um das Gesehene und Gehörte weiter zu vermitteln an die Freunde in der ganzen Republik.

Ich habe die Hoffnung, daß sich aus dieser Arbeit viele Anregungen ergeben werden, die hier oder dort genützt werden können und daß sich freundschaftliche Kontakte entwickeln. Sei es, daß Bundesfreunde in ihrem Urlaub eine Einrichtung aufsuchen oder daß gemeinsame Interessen ständige Beziehungen knüpfen und gemeinsame Aufgaben lösen lassen zu unserer eigenen Freude und zum Nutzen unserer schönen Wissenschaft, der wir uns verschrieben haben.

## **Drei Sternwarten im Zittauer Gebirge**

Im südöstlichen Zipfel unserer Republik, wo unser Land an die Volksrepublik Polen und die Tschechoslowakische Sozialistische Republik stößt, im Dreiländereck, liegt das Zittauer Gebirge. Wenn es auch nicht den Urlauberstrom aufzuweisen hat wie etwa die Ostsee, die Sächsische Schweiz oder das Land um die Wartburg, so ziehen seine Naturschönheiten doch jährlich viele Tausende Urlauber im Sommer wie im Winter zu Erholung und Entspannung von nah und fern heran.

Seit vielen Jahren arbeitet in diesem Gebiet eine rege Arbeitsgruppe Astronomie. Viele kleine Sternwarten sind hier zu Belehrung und Kenntnisvermittlung entstanden. Drei von ihnen aber stehen dem Besucher jederzeit offen und haben eine zunehmende Besucherzahl aufzuweisen.

### Die neue Volkssternwarte in Zittau

Sie ist eine der jüngsten im Kranze der Volkssternwarten unserer Republik. Allein die Geschichte ihrer Entstehung ist wert, daß sie aufgeschrieben wird. Sie zeigt, daß das enge Zusammenwirken interessierter Bürger mit den Staatsorganen, verbunden mit einem nie erlahmenden Fleiß, ein schönes Werk zu einem guten Ende bringen können.

Im Jahre 1961 schrieb Bundesfreund Optikermeister Erich Scholz in Zittau einen Brief an den Rat der Stadt und unterbreitete den Vorschlag, eine Beobachtungsstation für Astronomie einzurichten.

Er fand offene Ohren beim Bürgermeister der Stadt und beim Vorsitzenden des Rates des Kreises, und nach vielen Mühen, Sorgen und Arbeiten wurde am 27. April 1968 die Volkssternwarte Zittau der Öffentlichkeit übergeben.

Als 4000-Mark-Objekt war die Einrichtung 1961 geplant und begonnen worden. Einen Gesamtwert von 220 000 Mark hat diese Einrichtung schon heute. 11 000 Mark hat der Rat der Stadt Zittau, 80 000 Mark der Rat des Kreises zur Verfügung gestellt. Ungezählte Arbeitsstunden haben die Freunde der Fachgruppe Astronomie geleistet.

Wertvolle Hilfe kam von der Industrie, wobei besonders der VEB Textima zu erwähnen ist. Oberingenieur Schwenke und Ingenieur Urban sind als Helfer ebenso zu nennen wie die Mitarbeiter der Abteilung Kultur, Herr Winter und Frau Haupt. Der Vorsitzende des Rates des Kreises und der Bürgermeister der Stadt haben dieser Arbeit immer Verständnis entgegengebracht und haben sie nach Kräften unterstützt.

Der Plan, den Bundesfreund Scholz unterbreitete hatte, und den er mit nie erlahmendem Eifer verfocht, war schließlich den Räten der Stadt und des Kreises „nicht gut genug“. Sie wollten keine Beobachtungshütte bauen, sie wollten ein festes Haus. So entstand ein schöner Bau im Süden der Stadt Zittau neben der Robur-Berufsschule und dem Jugendheim. Zehn Minuten Fußweg sind es vom Zentrum der Stadt, und die Lage ist günstig. Ich hatte bei der Besichtigung des Hauses den Eindruck eines geschlossenen Ganzen, das nicht nur eine Sternwarte ist, sondern das in allen Räumen Wärme, Behaglichkeit und eine gute Atmosphäre hat. Ein schöner Vortragsraum, modern und bequem eingerichtet, etwa  $8 \times 9$  m groß, faßt 50 Personen und ist mit den Geräten für eine Vortragstätigkeit ausgerüstet.

In der 3-m-Zeisskuppel steht das Hauptgerät, das nur 14 000 Mark kostete. Alles andere daran haben die Zittauer Freunde selbst gebaut. Es handelt sich um einen 420-mm-Spiegel, der in einer Deutschen Montierung sitzt und austauschweise als Cassegrain oder Newton verwendet werden kann. Ihn begleiten ein 1600-mm-Leitrohr, sowie zwei Sucher.

Sehr ansprechend und von mir zum erstenmal in dieser Art gesehen, ist die Kombination eines kleinen Warteraumes mit dem Kuppelraum, der in vorzüglicher Weise das Problem löst, wo man die Personen unterbringt, die am Fernrohr gerade nicht beobachten können. Eine Dunkelkammer, ein kleiner Konferenzraum und ein Uhrenraum ergänzen die Einrichtung. Weitere Geräte, wie ein 80/1200-Refraktor von der Oberschule, ergänzen das Instrumentarium. Der Haushalt dieser Einrichtung ist zunächst mit 2000 Mark jährlich festgelegt, etwa 500 Mark werden die Unkosten für Gas, Licht und Reinigung betragen.

Noch ist alles im Beginn, noch hat die Einrichtung nicht ihre Bewährungsprobe bestanden, aber ich glaube sicher, daß sie gute Arbeitsmöglichkeiten für die Freunde in der Arbeitsgruppe bieten wird und daß sie bei geschickter Führung

ein wichtiger Faktor in der volksbildnerischen und kulturellen Betreuung des Kreises Zittau werden wird. Mir ist um die Zukunft dieser Einrichtung nicht bange, Herr Optiker Scholz und seine Freunde haben in sieben Jahren eine so vorbildliche Einrichtung geschaffen und werden sie sicher auch zu nutzen wissen.

Ich habe bei meinem Besuch im neuen Vortragsraum Farblichtbilder unserer Erde von einem Satelliten aus gesehen, und sie waren zusammen mit den Ausführungen von Bundesfreund Scholz für mich die Reise nach Zittau wert.

Name: Volkssternwarte Zittau

Hauptgerät: 420-mm-Spiegel als Newton oder Cassegrain

Arbeitsgebiet: Popularisierung der Astronomie

Schriftverkehr über: Optikermeister Erich Scholz, 88 Zittau, Platz der Jugend 2

### **Die Volkssternwarte im Kurort Jonsdorf**

Fast im Zentrum des kleinen Kurortes, der im Waldgebiet zwischen Hochwald und Lausche liegt, befindet sich die kleine Volkssternwarte Jonsdorf. Bekannt wurde der Ort durch seine Mühlsteinbrüche, und wer Jonsdorf besucht, unterlasse es nicht, auch diese zu besichtigen.

Der Plan für die Sternwarte stammt vom 1960 verstorbenen Kaufmann Ziegler. Zwei Jahre betrug die Bauzeit des kleinen Gebäudes, das am 11. August 1962 eingeweiht wurde. Tätigen Anteil daran hatten der Rat der Gemeinde Jonsdorf, die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Astronomie, die mehr als 2000 Arbeitsstunden leisteten, Herr Jakob Fiedler, der den Entwurf lieferte, und Freunde und Berater aus nah und fern, besonders Bundesfreund Diplomastronom Bartl von der Sternwarte Tautenburg, der für das Gerät verantwortlich zeichnet, und Bundesfreund Erich Scholz aus Zittau, der unermüdlich mit Rat und Tat zur Verfügung stand.

Einschließlich des Gerätes wurden nur 20 000 Mark gebraucht, die aus einer NAW-Tombola stammten. Alles andere leisteten die 15 Mitglieder der damaligen Arbeitsgemeinschaft, z. T. betreuen sie die Einrichtung noch heute. Für den technischen Teil standen die Bundesfreunde Bauer und Fuchs bereit, die Organisation hatte Herr Lehrer Walter Fröhlich, heute 68 Jahre alt, und die wissenschaftliche Beratung übernahm mein Kollege Herr Dr. Werner Fritsche.

So entstand ein kleiner Vortragsraum und ein Beobachtungsraum mit abschließbarem Dach. Dort steht ein sehr interessantes kombiniertes Gerät. Ein 260-mm-Spiegel, ein 185-mm-Spiegel, ein 90-mm-Spiegel als Sucher und eine Kamera von 500 mm Brennweite sind zu einer Kombination zusammengefaßt. Die Besucher haben die Möglichkeit, an allen drei Geräten gleichzeitig zu beobachten, was sicher ein großer Vorteil ist.

Eine rege Tätigkeit entwickelt die kleine Sternwarte in der Urlauberbetreuung. Etwa 400 erwachsene Besucher und 10 bis 15 Schulklassen lasten neben der regelmäßigen Tätigkeit der Arbeitsgruppe das Gerät aus. Ein Wort noch zur ökonomischen Seite. Erwachsene müssen 50 Pf, Kinder, auch in Schulklassen, 25 Pf bezahlen. Die Kurverwaltung Jonsdorf zahlt an den Führer im Rahmen der Urlauberbetreuung 25 M für eine Gruppe. Ich halte diese Methode für gut, denn auch der größte Idealismus kann einmal erlahmen.

Name: Volkssternwarte Jonsdorf

Hauptgerät: 260-mm-Spiegel, 185-mm-Spiegel

Arbeitsgebiet: Urlauberbetreuung, Popularisierung der Sternkunde, Himmelsfotografie, Mondaufnahmen

Schriftverkehr über: Lehrer Walter Fröhlich, 8805 Kurort Jonsdorf, Lindenweg 6

## **Die Privatsternwarte Erich Scholz im Kurort Lückendorf**

Lückendorf, der südöstlichste Kurort der DDR, durch Höhenzüge vor rauhen Winden geschützt, rings von Wald umgeben, an einer alten Paßstraße nach Böhmen, hat einen wunderbar klaren Himmel über sich. An dieser idealen Stelle, nur 100 m von der Grenze entfernt, liegt die Sternwarte Scholz. Fern vom Dunst der Stadt, in einem großen parkartigen Garten, hat sich hier Bundesfreund Scholz 1953 ein kleines Häuschen zu seiner Erholung gebaut und 1954 seine Fernrohre aufgestellt. Der 300-mm-Spiegel stammt von dem ihm freundschaftlich verbundenen und uns allen gut bekannten Herrn Wilke. Eine abschiebbare kleine Hütte schützt das schöne Gerät. Der 80/1200 Refraktor wird bei Bedarf auf die festgemauerte Säule gesetzt. Ein selbstgebautes Protuberanzenfernrohr leistet in dieser guten Luft und unter den geschickten Händen von Bundesfreund Scholz Erstaunliches. Als ich ihn und seine Frau dort oben besuchen konnte, lag ein heißer Sommertag über dem Land. Er erzählte begeistert von seinem Steckenpferd, das ihn seit seiner Kindheit begleitet, und er berichtete von seiner Urlauberbetreuung, die er ehrenamtlich seit vielen Jahren für den vielbesuchten Kurort durchführt.

Ich glaube, daß dort oben jeder Freund des gestirnten Himmels ein gern gesehener Gast ist, daß die Stunden in dieser schöngelegenen Einrichtung unvergessen bleiben. Viele von uns erinnern sich sicher des frischen und humorvollen Vortrages von Bfr. Scholz auf unserer VI. Zentralen Tagung in Jena und ebenso erzählt er in Lückendorf von den Sternen.

Daß unser Gespräch auch ab und zu zutiefst Persönliches berührte, wen sollte es wundern? Ich wünsche Bfr. Erich Scholz und seiner Frau noch viele schöne Lebenstunden unter dem Sternenhimmel von Lückendorf und bleibende Begeisterung für die Vermittlung seines Wissens an die dafür aufgeschlossenen Menschen.

Name: Privatsternwarte Erich Scholz, 8801 Lückendorf  
Hauptgerät: 300-mm-Spiegel im Selbstbau  
Arbeitsgebiet: Urlauberbetreuung, Sonnenbeobachtung  
Schriftverkehr über: Erich Scholz, 8801 Lückendorf

## **Waren außerirdische Kosmonauten bei uns zu Besuch?**

**Bemerkungen zu einem Buche**

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Die Frage nach Leben auf anderen Sternen hat sich der Mensch immer wieder gestellt. Grundsätzlich kann die Antwort nicht verneinend ausfallen. Unter den vielen hundert Millionen Sternen im All mag es auch Sterne geben, die belebt sind; es müssen nicht diejenigen Lebensformen sein, die wir auf unserem Planeten kennen. Mit einiger Wahrscheinlichkeit gibt es auch Sterne, die der Erde ähneln und auf denen sich ein der Erde ähnliches oder gleiches Leben entwickelt hat. Der Mensch hat sich vor allem in unseren Tagen oft gefragt, ob ein Besuch von den Lebewesen solcher Sterne auf unserer Erde möglich ist oder sogar irgendwann einmal stattgefunden hat. Solche Fragen führen nicht nur zu „science fiction“-

Romanen, sondern auch dazu, manches Objekt aus der Vergangenheit mit den Augen des heutigen Menschen zu sehen, der beginnt, sich mit Raketen den Welt-  
raum zu erobern.

Der sowjetische Ethnologe Prof. M. M. Agrest stellte 1959 die These auf, daß Ver-  
treter einer außerterrestrischen Zivilisation in vergangenen Zeiten unseren Plane-  
ten besucht haben. So meinte er, daß die Terrasse von Baalbek (nördlich von  
Damaskus) mit ihren riesigen Steinquadern die Reste eines Kosmodroms darstellt;  
und die biblische Geschichte vom Untergang von Sodom und Gomorrha erinnerte  
Agrest an eine Kernexplosion, die von einem Beobachter mündlich überliefert und  
im Laufe der Zeit mythologisiert wurde.

In Davos lebt Erich von Däniken, Besitzer eines Wintersaison-Hotels; im übrigen  
beschäftigt er sich mit der Frage: Hatten unsere Vorfahren Besuch aus dem Welt-  
all? Seit 1955, damals knapp 20 Jahre alt, ist er – laut Klappentext – viel unter-  
wegs gewesen, um dieser Frage nachzugehen. Er legte für dieses Hobby mehr als  
100 000 Kilometer zurück, war in den Dschungeln Zentralamerikas, um alten Kulte-  
turen nachzuspüren, forschte auf der Hochebene von Bolivien nach den Bauten der  
Inkas, in der nubischen Wüste und im Libanon suchte er archäologische Fundstän-  
den auf. Und in seinem jüngst erschienenen Buch „Erinnerungen an die Zukunft,  
Ungelöste Rätsel der Vergangenheit“ gibt er eine Antwort auf die oben gestellte  
Frage: die Erde wurde, so glaubt er bewiesen zu haben, bereits vor Jahrtausenden  
von außerirdischen Astronauten besucht.

Er breitet vor dem Leser eine beeindruckende Fülle von Material aus – alte  
Göttersagen, Felszeichnungen aus der Zentralsahara, assyrische Siegelabdrucke,  
biblische Berichte, die Landkarte eines osmanischen Kapitäns namens Piri Reis aus  
dem Mittelalter – und betrachtet sie – grob gesprochen – durch die Brille des  
Kosmonauten von heute. Für ihn sind dann, durch diese Brille gesehen, Kopf-  
schmuck und Tanzmasken die Helme von außerirdischen Kosmonauten, die vor  
6000–8000 Jahren auf der Erde landeten und sich nach geraumer Zeit wieder da-  
vonmachten; in der Erinnerung blieb ein Bild zurück, das ein prähistorischer  
Künstler an eine Höhlenwand zeichnete. Kästen (oder was es sonst darstellen mag),  
aus denen Stangen hervorragen, entpuppen sich für ihn als Funkgeräte mit An-  
tennen. Die Ebene von Nacza im peruanischen Küstengebiet ist ein Landeplatz für  
Kosmonauten, und die Karte des türkischen Marineoffiziers Piri Reis ist ein durch  
Generationen hindurch immer wieder nachgezeichnetes Fotoluftbild, das die Erde  
vor 10 000 Jahren bot.

Der französische Archäologe Henri Lhote hat die Felszeichnungen von Tassili-n-  
ajjer in der Zentralsahara beschrieben, darunter eine Figur, die er „Jabbaren“,  
den „Großen Mars-Gott“, nannte: eine Gestalt in einer Art von Taucheranzug.  
Däniken gibt leider kein Bild dieses Mars-Gottes. Der Rezensent mußte sich in  
dem Buch von Lhote, „The Search for the Tassili Frescoes“, einen Eindruck von  
dem „Jabbaren“ verschaffen. In der Tat: mit etwas Phantasie läßt sich die Zeich-  
nung als das Bild eines Kosmonauten deuten. Die Archäologen sind jedoch der  
Meinung, daß es sich um eine Tanzmaske und nicht um einen Kosmonautenhelm  
handelt. Mögen sich die Archäologen mit Däniken auseinandersetzen.

Der Tunguska-Riesenmeteorit, der 1908 über der sibirischen Taiga explodierte,  
und die „fliegenden Untertassen“ unserer Tage spielen bei Däniken eine Rolle als  
mögliche Sendboten aus fernen Welten.

Der geheimnisvolle Mars-Mond Phobos taucht bei ihm auch auf. Unter Befur-  
hung auf das sowjetisch-amerikanische Gemeinschaftswerk von I. S. Shklowski  
und C. Sagan, Intelligent Life in the Universe, 1966, S. 373, soll Phobos ein künst-  
licher Hohlkörper sein, von dem man gemeint hat, daß er zwischen 1862 und 1877

von den technisch hochzivilisierten „Marsmenschen“ auf seine Umlaufbahn gebracht worden sei. Daß zwischen 1862 und 1877 die Marsmonde nicht beobachtet werden konnten, ist nichts Außergewöhnliches; in der Geschichte der Astronomie konnte mehrfach derartiges festgestellt werden. Shklowski und Sagan lehnen die These ab, daß Phobos vor rd. 100 Jahren gestartet worden sein soll, da sich gegenwärtig keine ausgedehnte Zivilisation auf dem Mars entwickeln kann; eher halten sie es für möglich, daß es in der Vergangenheit eine heute untergegangene Marskultur gegeben haben könnte.

Jedes Zeitalter sieht mit seinen Augen die Vergangenheit. Warum soll ein Mensch unserer Zeit die Urgeschichte nicht mit den Augen eines Kosmonauten sehen? Die Fachleute mögen sich mit Dänikens Thesen und Theorien auseinandersetzen. Interessant und bemerkenswert sind sie. Ob sie Bestand haben werden, erscheint jedoch zweifelhaft. So glatt wie sich das Buch liest, sind die Pfade der Wissenschaft nicht.

## **300 000 Jahre mit $\pm$ 1 Sekunde Differenz**

Ing. MAX RÖTSCH

Wenn es gelingt, einem Körper eine vollkommen gleichmäßige Bewegung zu erteilen, so daß derselbe in gleichen Zeitteilen gleiche Räume beschreibt, kann uns diese Bewegung den wichtigen Dienst eines Zeitmessers leisten. Diese besondere Anforderung ist es auch, die wir an eine gute Uhr stellen. Leicht wäre sie zu erfüllen, wenn uns vollkommen gleichmäßig wirkende Kräfte zu Gebote ständen. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn sowohl das fallende Gewicht als auch die Federn, die zur Bewegung unserer Uhren sich als die vorteilhaftesten Bewegungsmittel bisher erwiesen haben, üben eine ungleichmäßige Wirkung aus.

Die Erfindung der Taschenuhr wird gewöhnlich dem Nürnberger Peter Henlein (1500) zugeschrieben. Seine Werke wurden nach ihrer Gestalt Nürnberger Eier genannt. Gewiß ist allerdings, daß die erforderliche Genauigkeit im Gange der Uhren durch den berühmten holländischen Physiker Huygens (1657) erreicht wurde, der zuerst den Gedanken ausführte, das Pendel und die Spirale zur Regulierung der Uhren anzuwenden.

Trotz der im Laufe der Jahrhunderte durchgeführten Verbesserung der Uhren — Cylinder-, Anker- oder Pendel-Uhren — reichte doch deren Genauigkeit für wissenschaftliche Zwecke nicht ganz aus. Man ging andere Wege in der Konstruktion und griff nach der Quarzuhr, die bisher die größte Genauigkeit aufwies. Diese Eigenschaft wird durch einen Quarzkristall hervorgerufen. Letzterer ist aus sechseckigen Waben aufgebaut, deren Endpunkte abwechselnd positive und negative Ladungen tragen. Beim unbeanspruchten Kristall halten sich die gegenseitigen Coulombschen Kräfte das Gleichgewicht, so daß der Kristall nach außen ungeladen erscheint. Ist jedoch der Kristall mechanisch belastet, so wird beispielsweise an der Oberfläche die positive Ladung, an der Unterseite die negative Ladung ein wenig nach innen gedrückt. Infolgedessen wird die Entfernung der beiden zu jenen benachbarten ungleichnamigen Ladungen von den Begrenzungsflächen geringer, und

damit muß sich die obere Seite negativ, die untere Seite positiv aufladen. Wird umgekehrt der Kristall zwischen die Platten eines aufgeladenen Kondensators gebracht, so werden infolge Coulombscher Kräfte Verzerrungen der Wabenstruktur des Kristalls auftreten müssen, d. h. der Kristall wird deformiert.

Da Quarz als ein sehr elastischer Körper nun Schwingungen ausführt, deren Frequenz, wie sich unter Benutzung des Hooke'schen Gesetzes leicht zeigen läßt, nur von seiner Dichte  $\rho$  und dem Drehungsmodul  $E$  nach der Formel

$$v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

( $l$  = Länge des Quarzstabes) abhängt, so wird bei Anlegung einer Wechselstromspannung im oben genannten Beispiel der Kristall zu erzwungenen Schwingungen angeregt.

Wie aber aus der allgemeinen Theorie der erzwungenen Schwingungen bekannt ist, erreichen diese nur dann beträchtliche Werte, wenn Resonanz zwischen Erreger und Resonator stattfindet. Man benutzt den schwingenden Quarz in einer Rückkopplungsschaltung; dann schwingt der Quarzkristall nur in seiner Grundschwingung bzw. in einer seiner Oberschwingungen. Infolgedessen kann man bei der hochelastischen Eigenschaft des Kristalls diese Schwingungen außerordentlich konstant erhalten. Die Konstanz ist so groß, daß sie bei genügenden Vorsichtsmaßnahmen (konstante Temperatur usw.) die besten Pendeluhrn weit übertrifft. Man hat daher in vielen Laboratorien Quarzuhrn zur Zeitbestimmung eingeführt und hohe Genauigkeiten (etwa 0,02 sek. auf 100 Tage) erreicht.

Ergänzend möchten wir noch erwähnen, daß der in obiger Formel enthaltene Faktor  $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$  von der Größenordnung  $6 \cdot 10^5$  cm/s ist.

Es lassen sich bei Verwendung von 0,5 bis 10 mm starken Quarzplatten Schwingungen um etwa  $0,3 \cdot 10^6$  Hz steuern. Für noch schnellere Schwingungen verwendet man in ähnlicher Weise dünne Turmalinplatten.

Aber auch die Genauigkeit der Quarzuhr dürfte in der rasanten Entwicklungsperiode der Atomphysik kaum mehr den gestellten Anforderungen genügen. In der Physik sind auf einigen Gebieten der neuen Technik heute Zeitmessungen unentbehrlich, bei denen mit der Genauigkeit selbst astronomischer Zeitmaße längst nichts mehr auszurichten ist. Als es mit der ersten quarzgesteuerten Uhr gelang, eine Genauigkeit von 1 : hundert Millionen, später sogar von 1 : zehn Milliarden zu erreichen, erschien dies als ein gewaltiger Fortschritt, doch ist auch dieses Optimum bereits wieder Vergangenheit.

Ein neuer „Zeitstandard“ wurde im atomaren Bereich gefunden, und zwar in gewissen Energieübergängen, die von der Aussendung höchstfrequenter elektromagnetischer Wellen begleitet werden. Da sich diese atomaren Effekte außerordentlich scharf eingrenzen lassen und es keine grundsätzlichen Schwierigkeiten bereitet, die auftretenden Frequenzen extrem genau zu messen, war es möglich, darauf eine präzise Zeitmessung aufzubauen. Als Zeitgeber solcher „Atom-Uhren“ eignet sich besonders ein Strahl aus verdampften Cäsiumatomen. Mit ihm gelang es, die Genauigkeit auf 1 : hundert Milliarden zu steigern.

Der neueste, wenn auch international noch nicht voll anerkannte Standard ist mittlerweile ein Wasserstoff-Maser, wie er heute in der Technik der Molekularverstärker eine bedeutende Rolle spielt. Mit einem solchen Maser lassen sich jetzt Frequenzen und Zeitintervalle mit einer Genauigkeit von fast 1 : zehn Billionen messen. Um begreiflich zu machen, was dies bedeutet, sei erwähnt, daß die maser-gesteuerte Uhr in 300 000 Jahren um höchstens eine Sekunde vor- oder nachgehen würde.

## Amateure beobachten und berichten

### Die Sonnenfleckentätigkeit im 2. Vierteljahr 1968

Refraktor: 50 mm	Vergrößerung: 30fach	
$R_m$ = Monatsmittelwert	n = Anzahl der Beobachtungen	
Monat	$R_m$	n
April	53,5	19
Mai	88,0	17
Juni	70,0	13
I. Vierteljahr	65,6	38
II. Vierteljahr	70,5	49

Der Mittelwert der Relativzahlen für das II. Vierteljahr ist noch weiter angestiegen und hat seit dem letzten Minimum den höchsten Wert erreicht. Ob schon im Mai das Maximum war, kann noch nicht bestimmt ausgesagt werden, weil man dies erst sicher aus der ausgeglichenen Kurve ablesen kann. Gewisse Überlegungen an Hand der Waldmeierschen Gesetze machen das Maximum erst für den Herbst dieses Jahres wahrscheinlich.

Drei Abschnitte erhöhter Aktivität konnten festgestellt werden: vom 14.–16. 4., vom 1.–6. 5. und vom 18. 5.–23. 6. Der letztere war der längste und intensivste. Meistens waren 8–10 Gruppen sichtbar, und an 9 Tagen wurde die Relativzahl nahe oder über 100 erreicht. Die größte tägliche Relativzahl wurde am 27. Mai beobachtet ( $g = 10$ ,  $f = 23$ ,  $r = 123$ ).

Erich Schütz, Hildburghausen

## Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

### Beratung des ZFA Astronomie am 24. Mai 1968 in Leipzig

Am 24. Mai 1968 fand in Leipzig eine Beratung des Zentralen Fachausschusses Astronomie statt, an der auch die Vorsitzenden der Bezirksfachausschüsse und einige besonders aktive Sternwartenleiter teilnahmen. Thema der Beratung war die Arbeit des ZFA Astronomie, seiner Bezirksfachausschüsse und Fachgruppen für den Zeitraum 1968 bis 1969.

Der Direktor des Astrophysikalischen Instituts der Universität Jena, Herr Prof. Dr. H. Lambrrecht, hielt zu Beginn ein Referat, das wegweisend für die gesamte vor uns liegende Arbeit der Fachgruppen Astronomie ist. Das Thema war hochaktuell und lautete: „Künftige Möglichkeiten der Amateurastronomie“. Dieser grundlegende Vortrag wird in vollem Umfang in unserer Zeitschrift erscheinen, damit alle Fachgruppen und Amateurastronomen unserer Republik daraus lernen und ihre Arbeit danach ausrichten können.

Einige wesentliche Gesichtspunkte des Referates sollen hier aber schon kurz erwähnt werden: Die intensive Beschäftigung mit der Astronomie hat einen außerordentlich hohen ethischen und persönlichkeitsbildenden Wert, da die Astronomie eine der Grundlagen unseres modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes ist. Dabei hat der Amateur – genau wie der Fachastronom – die hohe gesellschaftliche Verpflichtung, sein Wissen, das ihm die Gesellschaft erst gegeben hat, nicht für sich allein zu behalten, sondern die Ergebnisse der Himmelskunde und der Weltraumfahrt durch Sternführungen, Vorträge und Aufsätze zu popularisieren. Die aktive Mitarbeit der Amateure bei Himmelsbeobachtungen wird trotz der Weltraumfahrt und Riesenteleskopen von seiten der Fachastronomie nach wie vor gewünscht (z. B. bei Sternbedeckungen und Veränderlichen-Beobachtungen), ja einige Gebiete – wie die Planetenüberwachung – sind seit langer Zeit fast ausschließlich Arbeitsgebiet der Amateure geworden. Diesen Tatsachen Rechnung tragend, hat sich auch in der Sowjetunion im letzten Jahrzehnt eine starke Amateurbewegung entwickelt.

Die Diskussion nach diesem Referat war sehr interessant und rege und füllte den restlichen Vormittag aus. Leider können hier nur einige wenige Beiträge kurz gestreift werden. Bundesfreund Dr. Ahnert (Sonneberg) verwies auf die Notwendigkeit der Führung eines ausführlichen Beobachtungsbuches. Es ist dies eine grundsätzliche Voraussetzung für die Verwert-

barkeit einer Himmelsbeobachtung. Die dringende Notwendigkeit der Mitarbeit der Amateure begründete er mit der Tatsache, daß es Veränderliche Sterne gibt, die von den Fachleuten schon seit 36 Jahren nicht mehr beobachtet wurden, weil einfach die Zeit dazu fehlte.

Bfr. Otto (Ellenberg) berichtete, daß Prof. Waldmeier (Zürich) nach wie vor an homogenen, langfristigen und gleichbleibenden Sonnenbeobachtungen interessiert ist.

Bfr. Pfaffe forderte die Fachgruppen auf, Aufgabengebiete zu übernehmen, die zur Zeit bei den Fachsternwarten als vordringlich (wirtschaftlich notwendig) gelten. Bfr. Dr. Wenzel (Sonneberg) betonte, daß das besonders für die Veränderlichen Sterne gilt. Diese Forschungsrichtung ist aktuell, modern und fördert die Weiterentwicklung der Astronomie in hervorragendem Maße.

Am Nachmittag wurde der Arbeitsplan des Zentralen Fachausschusses Astronomie für die Jahre 1968 und 1969 erarbeitet. Zunächst erfolgte eine Neuordnung des ZFA, die einstimmig von den Anwesenden angenommen wurde. Bfr. Pfaffe trat wegen Arbeitsüberlastung als Vorsitzender zurück. Bfr. Dr. Lindner (Leipzig), der bei den Sternfreunden bestens bekannt ist, wird künftig die Funktion des Vorsitzenden übernehmen. Bfr. Pfaffe bleibt Stellvertretender Vorsitzender. Herr Prof. Dr. H. Lambrecht will freundlicherweise ebenfalls im ZFA mitarbeiten. Erweitert wurde der Zentrale Fachausschuß noch durch folgende Bundesfreunde: Eschenhagen (Magdeburg), Zenker (Potsdam), Mraß (Schwerin). Damit kann die immer umfangreicher werdende Arbeit des Zentralen Fachausschusses besser verteilt werden.

Im einzelnen wurde folgendes zur Kenntnis genommen, im Wechselgespräch erarbeitet bzw. beschlossen:

1. Einen Perspektivplan-Entwurf für die Fachgruppen erarbeiten die Bundesfreunde Dr. Lindner (Leipzig), Blasberg (Dresden), Zenker (Potsdam).
2. Ein Seminar für Himmelsfotografie findet in der Zeit vom 4. bis 8. Oktober 1968 in Hartha statt.
3. Die weitere Arbeit am Astronomischen Handbuch für Sternfreunde muß intensiviert werden. Verhandlungen mit dem Verlag sind im Gange.
4. Für das Frühjahr 1969 ist eine Studienreise zum Besuch von Sternwarten der DDR geplant, falls genügend Interesse dafür vorhanden ist. Anregungen hierzu sollen aus dem Kreis der Bundesfreunde erfolgen.
5. Die Unterlagen für ein Gesamtverzeichnis der Volks-, Schul- und Privatsternwarten der Deutschen Demokratischen Republik sind nahezu komplett. In jedem Heft von „Astronomie und Raumfahrt“ soll künftig eine Sternwarte vorgestellt werden. Die Beiträge schreibt Bfr. MR Dr. K. Sigmund (Kamenz). Bfr. Dr. Ahnert plant, eine Kurzfassung dieses Sternwartenverzeichnisses im Kalender für Sternfreunde 1969 zu bringen.
6. Zwei Mitglieder des ZFA (Bfr. Otto und Hockauf) wurden beauftragt zu untersuchen, ob und wie der rührigen und einsatzfreudigen Fachgruppe in Thal (Thüringer Wald) ideell und materiell beim Aufbau einer Sternwarte geholfen werden kann.
7. Zur weiteren Förderung unserer Fachzeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ werden dem Chefredakteur, Bfr. Pfaffe, je zwei ehrenamtliche redaktionelle Mitarbeiter für die Gebiete Astronomie und Astronautik beigegeben. Der Absatz unserer Zeitschrift hat die Auflagenhöhe fast erreicht.
8. Die Bundesfreunde Dr. Vilkner und Ing. Blasberg verpflichten sich zu Aufsätzen über „Zeitmessung durch den Sternfreund“ in unserer Zeitschrift, ein Thema, das zweifellos bei unseren Beobachtern Anklang finden wird.
9. Der Schnellnachrichtendienst wird neu geregelt. Bfr. Dr. Wenzel wird interessante und für Amateure beobachtbare Objekte (z. B. Kometen und Novae) jeweils kurzfristig an den Zentralen Fachausschuß melden. Von hier aus erfolgt sofort die Benachrichtigung der Interessenten.
10. Zu Beobachtungsanleitungen verpflichteten sich Bfr. Blasberg für Jupiter und die Venusdichotomie und Bfr. Dr. Sigmund für Finsternisse, Planetoiden und Kometen.
11. Es wurde bekanntgegeben, daß die Einweihung der Zittauer Volkssternwarte am 27. April 1968 erfolgte. Hierzu wurde unserem Bundesfreund Scholz und der Zittauer Fachgruppe herzlich gratuliert.
12. Zur Frage „Internationale Astronomische Amateur-Union“ gab Bfr. Hockauf (Berlin) bekannt, daß der Zentrale Fachausschuß selbstverständlich die Mitgliedschaft anstreben wird, falls diese Vereinigung zustande kommt. Hierbei erinnern wir uns gern der Tatsache, daß auf astronomischem Gebiet die internationale Zusammenarbeit besonders gut ist, da hier viele Probleme nur gemeinschaftlich gelöst werden können.
13. Bfr. Kockel gedachte in ehrenden Worten unseres verstorbenen Bundesfreundes Oberstleutnant Wersig (Halle), der weit über seine Heimatstadt hinaus als Astronomielehrer, Lehrerzweiger und Sternfreund eine erfolgreiche Tätigkeit entfaltet hat.
14. Die nächste Zentrale Tagung des ZFA Astronomie für die Fachgruppenmitglieder und interessierten Amateurastronomen der DDR wird für 1969 geplant. Ort, Zeit und Programm werden rechtzeitig bekanntgegeben.

Als gegen Abend die Beratung von Bundesfreund Pfaffe beendet wurde, schieden alle Teilnehmer im Bewußtsein, eine positive Arbeit geleistet und die populäre Astronomie in unserem Staat ein Stück vorgebracht zu haben. Es gibt einen bekannten Ausspruch: Die Kulturhöhe eines Volkes erkennt man am Grad seiner Beschäftigung mit der Astronomie. In der DDR ist es damit gut bestellt: Viele Schul- und Volkssternwarten sind in den letzten Jahren gegründet worden; die Astronomie ist Unterrichtsfach in den Schulen, und durch den VEB Carl Zeiss Jena verfügen die meisten dieser Sternwarten über moderne und leistungsstarke Fernrohre und Zusatzgeräte, in vielen Fällen auch über das hervorragende Bildungsmittel eines Kleinplanetariums.

H. WOLF

## Planetarium in Potsdam eröffnet

Nach einer verhältnismäßig kurzen Bauzeit von acht Monaten konnte am 26. Oktober 1968 vor etwa 80 geladenen Gästen das Planetarium im Neuen Garten eröffnet werden. Rechts-träger ist das Pädagogische Neuererzentrum, das sich unweit der historischen Gedenkstätte Cecilienhof befindet. Erstmals wurde eine vom VEB DEFA-Spielfilm in Babelsberg gefertigte Kuppel (8 Meter) aus Plaste verwendet. Aus diesem Grund war es notwendig, das Planetarium in einem Innenraum unterzubringen. Ein 50 m<sup>2</sup> großer Vorraum erlaubt es, dort den Besuchern Karten, Bilder und Anschauungsmittel zu zeigen. In drei Sitzreihen haben 88 Besucher Platz.

Als Einrichtung der Abteilung Volksbildung des Rates des Bezirks steht das Kleinplanetarium in erster Linie den Schulen für den Unterricht zur Verfügung. Ein weiteres Betätigungsfeld ergibt sich für die populärwissenschaftliche Arbeit sowie für Jugendstunden, die Lehrerweiterbildung und die Unterstützung der Studenten in Geographie und Mathematik.

Wöchentlich finden sechs öffentliche Vorführungen statt, die durch eine Reihe von Sonder-vorführungen ergänzt werden. Die Arbeit im Planetarium geschieht im engsten Zusammenwirken mit der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“ des Deutschen Kulturbundes Potsdam, die die Durchführung einer Reihe von Veranstaltungen übernehmen hat.

A. ZENKERT

## Aus der Literatur

### Neues Material für Teleskopspiegel

Während der jetzt im Bau befindliche Spiegel für das große 3,60-m-Teleskop der Europäischen Südsternwarte (ESO) noch aus Quarz besteht, werden drei neuerdings in Auftrag gegebene Spiegel aus einem neuen, bei Temperaturschwankungen praktisch dehnungsfreien Material, dem „Cer-Vit“, hergestellt. Es handelt sich bei den drei Aufträgen um den 4,00-m-Spiegel für das amerikanische AURA-Observatorium auf dem Cerro Tololo in Chile, um den 3,80-m-Spiegel für die Sternwarte auf dem Siding Spring in Australien und um den 3,66-m-Spiegel für das Centre National de la Recherche Scientifique der französischen Wissenschaftsorganisation. Das erwähnte „Cer-Vit“ ist ein glaskeramisches Produkt, das nach der Schmelze beim Abkühlen glasig erstarrt und durch eine anschließende Wärmebehandlung zur „dosierten“ Kristallisation gebracht wird. Hierbei ist der Zusatz gewisser „Mineralisatoren“ (Kernbildner) notwendig. Derartiges Keramikglas wird seiner Temperaturunempfindlichkeit wegen später einmal Satelliten-Observatorien möglich machen, die ja im Weltraum größten Temperaturschwankungen ausgesetzt sein werden. (Sterne und Weltraum 7, 5, 128/1963). J. CLASSEN

### Röntgenstrahlung aus einem Spiralnebel

Durch Raketen, die mit Aufnahmegaräten für Röntgenstrahlung ausgerüstet waren, wurden in den letzten Jahren zahlreiche über den ganzen Himmel verstreute Röntgenquellen aufgefunden. So weit diese Röntgenquellen mit sichtbaren Himmelsobjekten identifiziert werden konnten, gehörten sie ausnahmslos zu Objekten unserer Milchstraße. Meist handelte es sich bei diesen Objekten um extrem blaue Zwergsterne, beziehungsweise um frühere Nova.

Nun fanden H. Bradt und Mitarbeiter im Sternbild Jungfrau eine Röntgenquelle, die mit sehr großer Wahrscheinlichkeit mit dem Spiralnebel M 87 identisch ist. M 87 ist ein elliptischer Nebel vom Typ Eop und der Größe 10.m7 (photographisch), seine Ausdehnung beträgt nahezu 4 Bogenminuten. Er konnte bereits als starke Radioquelle identifiziert werden („Virgo A“). Nun hat es sich also herausgestellt, daß er auch eine starke Röntgenstrahlung aussendet. Diese Röntgenstrahlung ist 50mal stärker als die Strahlung im Radiobereich, sowie 10mal schwächer als die visuell sichtbare Strahlung. M 87, der etwa 40 Millionen Lichtjahre von uns entfernt ist, wird damit zu einem der interessantesten Spiralnebel. (Astrophys. J. 159, 199, 1967. — Orion 13, 3, 78, 1968.)

J. CLASSEN

## Neues aus der Radio-Astronomie

Eine der vermutlich bedeutendsten radioastronomischen Entdeckungen ist J. Bell und A. Hewish vom Mullard Observatorium in Cambridge gelungen. Sie fanden diskrete Radioquellen, die Signale mit einer Periode von 1,337 Sekunden ausstrahlten und die daher die Bezeichnung Pulsare bekamen. Interferometermessungen zeigten, daß die Objekte nur wenige 1000 km groß sind. Als man die erste Quelle dieser Art fand, glaubte man an einen künstlichen Ursprung der Signale, so daß die Entdeckung monatelang eine Art „Geheimnis“ war. Inzwischen wurden drei weitere Objekte dieser Art gefunden. Untersuchungen amerikanischer Radio-Astronomen mit dem 300-m-Radioteleskop in Arecibo zeigten ein deutliches Frequenzmaximum von 111 Mhz, bei dem die Strahlungsintensität um den Faktor 10 größer ist als auf den anderen Frequenzen. Theoretische Deutungen weisen auf die Pulsation von weißen Zwergen oder Neutronensternen hin. (VdN-Nachrichtenblatt 17, 4, 54/1968.) J. CLASSEN

## Bewegung auf dem Mond

Wie Miss B. Middlehurst vom Lunar and Planetary Laboratory in Tucson (Arizona, USA) in einem Rundschreiben den an der Mondüberwachung beteiligten Stellen mitteilt, bemerkte Pierrette Jean am 11. September 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 nahe dem Krater Sabine gelbe Flecke auf, und zwar in einem Falle für Bruchteile einer Sekunde, im anderen Falle für einige Sekunden. Die bisher auf dem Mond beobachteten „Moon-Flares“ oder „Moon-blinks“ hatten nie irgendeine Bewegung gezeigt und waren stets Minuten oder sogar Stunden sichtbar gewesen. J. CLASSEN

## Venus-Rotation noch immer widerspruchsvoll

Neue Radarmessungen am 300-m-Radioteleskop in Arecibo ergaben eine rückläufige Rotation der Venus von 244 Tagen um eine fast senkrecht auf der Ekliptik stehende Achse. UV-Aufnahmen auf dem Pic du Midi-Observatorium in den französischen Pyrenäen führten dagegen auf eine rückläufige Rotation von 4 Tagen. Ungewöhnlich gute Venus-Aufnahmen mit dem 61-cm-Spiegelteleskop des New Mexico State University Observatory ließen wieder auf eine mittlere Rotationsdauer von 5 Tagen schließen. (Sterne und Weltraum 7, 4, 103, 1968.) J. CLASSEN

## Mondbasalt

Durch die amerikanische Mondsonde Surveyor 5 erhielten wir interessante Aufschlüsse über die Zusammensetzung des Mondbodens. Diese Sonde landete am 11. September 1967 im südlichen Teil des Mare Tranquillitatis 1,45° nördlicher Breite und 23,35° östlicher Länge weit. Die Analyse des Mondbodens wurde mittels eines Alpha-Strahlers vorgenommen. Für die oberflächennahe Schicht des Bodens ergab sich dabei folgende Zusammensetzung: Etwa 58 % Sauerstoff, etwa 18,5 % Silizium, etwa 6,5 % Aluminium, etwa 13 % Schwefel, Eisen und Kobalt, etwa 9 % Kohlenstoff, Natrium, Magnesium, etwa 5 % andere Stoffe.

Diese Zusammensetzung entspricht ungefähr der unseres Basaltgesteins. Beim irdischen Basalt handelt es sich um ein dunkles, dichtes, oft blasiges Gestein, das 98 % aller Ergußgesteine ausmacht. Die Basalte haben sich hauptsächlich in der Tertiärzeit gebildet.

H. HOFFMANN

## Tektite – Glas vom Mond?

TEKTITE WURDEN DURCH DEN AUFPRALL EINES GROSSEN METEORITEN GEFORMT

1. Tektite sind ein natürliches Glas, ungleich vulkanischem Glas (Obsidian), und sie werden in Regionen ohne vulkanische Aktivität gefunden.
2. Ihre chemische Zusammensetzung ist Granit und Rhyolith ähnlich, aber sie sind ein Glas, das fast vollständig frei von kristallinem Material ist. Das zeigt, daß sie einst geschmolzen waren (Temperatur ungefähr 2000 °C), gefolgt von rapider Abkühlung.
3. Einige von ihnen enthalten Einschlüsse des Minerals Coesit, einer Quarzart, die nur unter einem Druck von etwa 20 000-fachem atmosphärischem Druck entsteht.
4. Ebenso enthalten einige von ihnen winzige Einschlüsse aus Nickel-Eisen-Metall, in denen das Mineral Schreibersit gefunden wird. Nickel-Eisen-Metall und Schreibersit sind nur in Verbindung mit Meteoriten gefunden worden.
5. Ihre Formen – Tropfen, Hanteln, Kugeln usw. – sind diejenigen, welche man bei flüssigen Tropfen im freien Fall voraussetzt.

Schlußfolgerung: Tektite werden durch den Einschlag kraterbildender Meteorite geformt. Die Stärke des Aufpralls erzeugt hohe Temperaturen und Drücke, die das geschmolzene Material verspritzen, welches als Glas erstarrt. Die Nickel-Eisen-Kügelchen stammen vom Meteoriten.

#### DER AUFSCHLAG, DER TEKTITE PRODUZIERTE, FAND AUF DEM MOND STATT

1. Wenn Tektite von einem anderen Planeten gekommen wären, würden ihre Umlaufbahnen sie für Millionen von Jahren im Weltraum gehalten haben, und das Bombardement durch kosmische Strahlen würde das Isotop Aluminium 26 produziert haben, wie es dies in Meteoriten getan hat. Das Fehlen von Aluminium 26 in Tektiten zeigt, daß sie weniger als eine Million Jahre im Weltraum gewesen sind. Also müssen sie entweder von der Erde oder vom Mond kommen.
2. Da ja die Entweichgeschwindigkeit des Mondes  $1\frac{1}{2}$  Meilen pro Sekunde beträgt, würde ein Objekt, das mit einer größeren Geschwindigkeit weg vom Mond geworfen würde, ihn für immer verlassen.

Meteoriten schlagen mit Geschwindigkeiten von 7 bis 45 Meilen pro Sekunde auf den Mond und können leicht Stücke lunarer Materie mit Geschwindigkeiten herausschlagen, die die Entweichgeschwindigkeit übertreffen. Solches Material kann die Erde in einer so kurzen Zeit wie vier Tage erreichen.

3. Weil Tektite relativ leicht sind, werden sie durch dichte Luft schnell abgebremst. Experimente haben gezeigt, daß Tektite, die von einem irdischen Krater mit Maximalgeschwindigkeit ausgestoßen werden, nur ungefähr acht Meilen durch die Luft fliegen können. Falls sie von einem irdischen Krater kommen, sollten ihre Fundstellen nahebei liegen. Aber Tektite werden über Tausende Meilen verstreut in Australien und Indochina gefunden, ohne einen bedeutenden Krater in der Umgebung. Ihre Verteilung könnte leichter erklärt werden, wenn sie aus dem Raum kämen.
4. Rings um irdische Meteoritenkrater werden keine Tektite gefunden, jedoch oft unreines Silikatglas. Die Hitze des Aufpralls ist nachweislich ungenügend, um reines Glas zu erzeugen. Der Mond hat viele Gegenden, die Lavaflüsse zu sein scheinen, welche möglicherweise reichlich vulkanisches Glas (Obsidian) enthalten. Die Hitze, die durch den Aufschlag hervorgerufen wird, würde dieses Material gerade reiner machen.
5. Einige australische Tektite sind als geflanschte Knöpfe gebildet. Diese Formen können exakt nachgebildet werden, indem man einen Strahl heißer Luft auf eine Tektitkugel im Windkanal richtet. Das liefert die Sicherheit, daß diese Tektite mit großen Geschwindigkeiten durch die Luft geflogen sind. Studien haben gezeigt, daß die geflanschten Formen nicht so gut auf einem Aufwärts- wie auf einem Abwärtsflug durch die Atmosphäre herzustellen sind.

Schlußfolgerung: Tektite sind abwärts durch die Atmosphäre geflogen und vom Mond gekommen. Obwohl niemand jemals einen Tektiten auf die Erde hat fallen sehen, ist der Beweis ihres lunaren Ursprungs nun recht überzeugend.

Ronald A. ORITI in „The Griffith Observer“, Nr. 6, Juni 1968.

#### Fotografie eines Mondsatelliten von der Erde aus

Astronomen des Lunar and Planetary Laboratory in Arizona (USA) gelang es am 21. Januar 1968, mit dem 61-Zoll-Catalina-Spiegelteleskop von der Erde aus den um den Mond kreisenden Orbiter 5 zu fotografieren. Die Sonnenbatterie des Mondsatelliten war zu diesem Zweck auf die Erde gerichtet worden, um die Helligkeit des Flugkörpers zu erhöhen. Trotzdem ist die Strichspur des Mondsatelliten nur als feiner Strich auf der Platte zu erkennen. (Sky and Telescope 35, 4, 220/1968.) J. CLASSEN

#### Weltraumschiff zum Neptun

Bereits jetzt plant man in der UdSSR auf lange Sicht Flüge zu entfernten Planeten, da bei derartigen Projekten die Stellung der Planeten von ausschlaggebender Bedeutung ist. Beispielsweise spricht man von der Entsendung einer Forschungsstation nach dem Neptun. Eine günstige Gelegenheit würde sich Oktober 1978 ergeben. Die Planeten Jupiter, Saturn und Uranus nehmen dann eine Position ein, daß ihre Gravitationsfelder die Geschwindigkeit der vorbeifliegenden Station zusätzlich erhöhen. Dadurch könnte die Flugzeit auf neun Jahre verkürzt werden. Ohne zusätzliche Beschleunigung würde sie dreißig Jahre dauern. (VGS-Nachrichtenblatt 17, 7/8, 103, 1968.) J. CLASSEN

## Ungewöhnliche Objekte im Weltraum

Gegenwärtig vollzieht sich in der Astrophysik eine Wende, die in ihrer Bedeutung und in dem schwindelerregenden Tempo der Ereignisse nicht hinter jener wissenschaftlichen Revolution zurücksteht, die im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts in der Physik vorstatten ging.

Ende der fünfziger Jahre sind die Astronomen des Observatoriums von Bjurakan auf Grund ihrer Forschungen in einzelnen Galaxien zu folgender Schlussfolgerung gelangt: Obgleich die überwiegende Mehrzahl der Galaxien im wesentlichen aus Sternen und Nebel besteht, sind die galaktischen Zentren anderer Natur und enthalten Objekte, die sich von Sternen und Nebel unterscheiden. Sie haben eine um viele Millionen Mal größere Masse als die Sterne und sind in der Lage, ungewöhnlich intensive Formen einer explosiven Aktivität zu entwickeln. Bei diesen Explosionen werden aus ihrem Innern Gase und verdichtete Materie ausgestoßen, deren Masse ein Millionenfaches der Sonnenmasse beträgt.

In den Jahren 1962 bis 1963 entdeckten die Astrophysiker die Quasare, das sind Objekte, von denen jedes bekanntlich Dutzende von Milliarden Sternen enthält. Doch zum Unterschied von den Galaxien sind die Quasare keine Sternsysteme, sondern jeder von ihnen stellt einen einheitlichen Körper dar, gleichsam einen Riesennervensystem, in dem sich intensive Umwandlungen gewaltiger Energiemengen vollziehen. Infolge dieser Umwandlungen strahlt jeder Quasar Tausende von Milliarden Mal mehr Licht aus, als ein so gewöhnlicher Stern wie die Sonne.

Ungeachtet dieser außerordentlich hohen durchschnittlichen spezifischen Lichtstärke flammen die Quasare zuweilen auf und werden für kurze Zeit um ein mehrfaches heller als gewöhnlich. Einige schnell aufgebaute Erklärungen und Theorien waren nicht in der Lage, die gesamte erstaunliche Vielfalt der ungewöhnlichen Erscheinungen zu erfassen, die bei den Quasaren festgestellt wurden.

Die Astronomen von Bjurakan verhielten sich recht gelassen zur Entdeckung der Quasare. Für sie waren die bei den Quasaren festgestellten Erscheinungen lediglich eine ausdrucksvolle Fortsetzung jener ungewöhnlichen Welt von Erscheinungen, die sie in galaktischen Zentren entdeckt und schon längst „Aktivität der galaktischen Zentren“ getauft hatten. Die Quasare zeigen diese Erscheinungen in extremer und gleichsam reinerer Form. Das ist dort der Fall, wo die gesamte Masse der Galaxis gleichsam in ihrem Zentrum konzentriert ist und einen einheitlichen Körper darstellt, der fähig ist, eine gigantische Menge an Materie und Energie auszustoßen.

Der Astronom B. J. Makarjan, der erstmalig bei vielen nach außen hin gewöhnlichen Galaxien einen Überschuss an ultravioletter Strahlung im Spektrum der galaktischen Zentren entdeckt hat (was auch kennzeichnend für die Quasare ist), entwickelte neue Beobachtungsmethoden. So wurde es möglich, viele neue Galaxien zu entdecken, die eine große Strahlungsintensität im Ultravioletten aufweisen.

Mit Hilfe des großen Teleskops in Bjurakan wurden über 200 dieser überaus interessanten Galaxien entdeckt. In Zusammenarbeit mit einigen amerikanischen Astrophysikern hat E. J. Chatschikjan mehrere Dutzend dieser „Makarjan-Galaxien“ eingehender erforscht. Sie besaßen zum Teil Zentren, deren Strahlungsintensität den Quasaren nahekommt und die ihnen auch in vieler Beziehung ähnlich sind. Dank der Entdeckung derartiger Zwischenobjekte wurde gleichsam eine Brücke zwischen den gewöhnlichen Galaxien (genauer gesagt, deren Zentren) und den Quasaren geschlagen.

Gerade das Suchen nach Neuem in dieser Form kann dazu führen, daß neue Gesetzmäßigkeiten festgestellt und damit letzten Endes eine Erklärung der Erscheinungen in den galaktischen Zentren und in den Quasaren erreicht wird.

Unlängst erfolgte mit Hilfe von Radioteleskopen die Entdeckung einer weiteren Klasse ungewöhnlicher Objekte. Man entdeckte die Pulsare, Quellen kosmischer Radiostrahlung, die in bestimmten Zeitabständen innerhalb einer Sekunde ihre „Radiohelligkeit“ verändern (so zum Beispiel im Laufe einer Viertelsekunde).

Heute ist bereits klar, daß diese Quellen der Radiostrahlung in der Hierarchie der kosmischen Körper und Systeme irgendwo neben den Sternen stehen. Vielleicht hängen diese Quellen mit besonderen überdichten Neutronen- oder Hyperonen-Sternen zusammen. Es kann jedoch auch sein, daß es sich um völlig unterschiedliche Gebilde handelt. Bisher liegen wenig Angaben über die Pulsare vor.

Nach ein oder zwei Jahren werden wir wahrscheinlich schon sagen können, ob es notwendig sein wird, den Begriff einer völlig neuen, sich grundlegend von den Sternen unterscheidenden Klasse von Körpern einzuführen, oder ob es sich um ungewöhnliche Sterne handelt.

Prof. Dr. W. A. Ambarzumjan in „Trud“, 11. 8. 1968, nach „Presse der SU“, Nr. 105, 68.

## Probleme der Mondforschung

Bei der Erforschung des Mondes lassen sich drei miteinander verbundene Richtungen erkennen: die Struktur des Mondinneren und der sich darin vollziehenden Vorgänge, die Zusammensetzung und der Bau der Mondoberfläche und die Geschichte und Evolution des Mondes.

Diese Forschungsaspekte lassen sich auf alle Objekte des Sonnensystems ausdehnen. Auf dem Mond sind die Prozesse besonders interessant, die als gemeinsam für das Sonnensystem gelten können. Große Bedeutung gewinnt die Mondforschung dadurch, daß alte Gesteine und Ablagerungen auf seiner Oberfläche vermutlich dazu beitragen werden, eine Chronologie der Ereignisse aufzustellen, die sich bei der Bildung und der Entwicklung der Planeten der Erdgruppe abgespielt haben. Die geologischen Vorgänge, die die Oberfläche des Mondes verändern, spielen sich wahrscheinlich weit langsamer ab als ähnliche Vorgänge auf der Erde. Deshalb gibt ein Teil der stratigrafischen Evolution des Mondes die Frühgeschichte des Sonnensystems wieder, die sich auf der Erde nicht reproduzieren läßt.

Das Hauptziel der geologischen Erforschung des Mondes ist, die Vergangenheit dieses Himmelskörpers und des Sonnensystems zu erkennen. Infolge der aktiven Gebirgsbildung, der Entstehung von Sedimentgesteinen und der Erosion sind alle einigermaßen feststellbaren „Reste“ über die ursprüngliche Struktur der Erde verlorengegangen. Untersuchungen über die Entstehung des Mondes werden Licht in die Frage bringen, ob Mond und Erde die gleiche Geschichte haben.

Wenn der Mond von der Erde „eingefangen“ wurde, dann muß das von stürmischen Störungen auf beiden Himmelskörpern begleitet gewesen sein. Aus dem Alter von Details der Mondoberfläche, die von einer solchen Störung herrühren könnten, läßt sich ablesen, welche Wirkung dieser Vorgang auf die Erde ausgeübt hatte. Ist der Mond aus einer Verschmelzung vieler Meteorite hervorgegangen, so konnten bei den damit verbundenen Störungen Bruchstücke auf die Erde fallen. Die nächste Variante ist: Der Mond ist aus einer Trennung von der Erde hervorgegangen. In diesem Falle würde die heutige Zusammensetzung des Mondes erkennen lassen, wie sich die Erde bei diesem Vorgang differenziert hat. Eventuelle organische Substanzen auf dem Monde würden es ermöglichen, Einblick in die früheren Entwicklungsstadien des Lebens auf der Erde zu gewinnen.

Schließlich kann sich der Mond durch Kondensation einer protoirdischen Nebelmasse unabhängig gebildet haben. Von dieser Möglichkeit ausgehend, kann mit Recht vermutet werden, daß die heutige Zusammensetzung unseres natürlichen Satelliten wichtige Angaben über die Mechanismen der chemischen Differenzierung bei der Bildung des Systems Erde – Mond liefert.

Viele wissenschaftliche Probleme und Hypothesen lassen sich durch Vergleich von Erde und Mond lösen. Die chemische Evolution der Erdkruste, die sich unter der Einwirkung der Oberflächenwasser kompliziert hat, ist noch nicht genügend geklärt. In dieser Hinsicht kann der Mond als Beispiel für eine unvollendete Evolution dienen. Vielleicht ist er das beste Objekt, aus dessen Studium sich erkennen läßt, wie die „frühe“ Erdkruste aussieht. Die Gebirgsbildungsvorgänge auf der Erde sind nur teilweise verständlich, da die tektonisch aktiven Gebiete mit Meeren oder dicken Sedimentablagerungen bedeckt sind. Der tektonischen Deformation der Mondoberfläche fehlt der tarnende Effekt der Erosion und der Bildung von Sedimentgesteinen oder Ozeanen. Auf der Erde werden die vulkanischen Produkte beim Durchgang durch die chemisch veränderten Oberflächenablagerungen „verschmutzt“. Auf dem Mond müssen sie von derartigen Beimischungen frei sein. Zugleich kann der Kontrast zwischen den tektonischen Details auf dem Mond und denen auf der Erde klären, wie sich die Gebirgszüge auf der Erde gebildet haben. Dazu aber müssen die innere Struktur und die sich dort vollziehenden Vorgänge gründlicher bekannt sein.

Auszug aus einem Beitrag von Akademiemitglied G. PETROW und G. SKURIDIN, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, über Probleme und Perspektiven der Welt-raumforschung, in der „Prawda“, 16. 6. 68, nach „Presse der SU“, Nr. 93/68.

## Jupiter mit Ringsystem?

Himmelskörper mit einem oder mehreren Ringen können ziemlich oft entstehen. Sie können ihren Ursprung haben in mächtigen vulkanischen Eruptionen auf der Oberfläche des Planeten oder in Zerstörungen durch starke Gezeitenkräfte eines Planetensatelliten, welcher sich in unmittelbarer Nähe befindet.

Von Interesse ist die These des sowjetischen Professors Sergei Wsechswjatski. Er kam auf Grund des Studiums zahlreicher Bildaufnahmen des Jupiter zu dem Schluß, daß zur Zeit ein dünner Ring um diesen Planeten entsteht. Anscheinend wird diese Erscheinung durch starke vulkanische Prozesse verursacht, die alles übertreffen, was auf unserer Erde bekannt ist.

Prof. GEORGI POKROWSKI, Doktor der technischen Wissenschaften (APN), nach „Presse der SU“, Nr. 98/68.

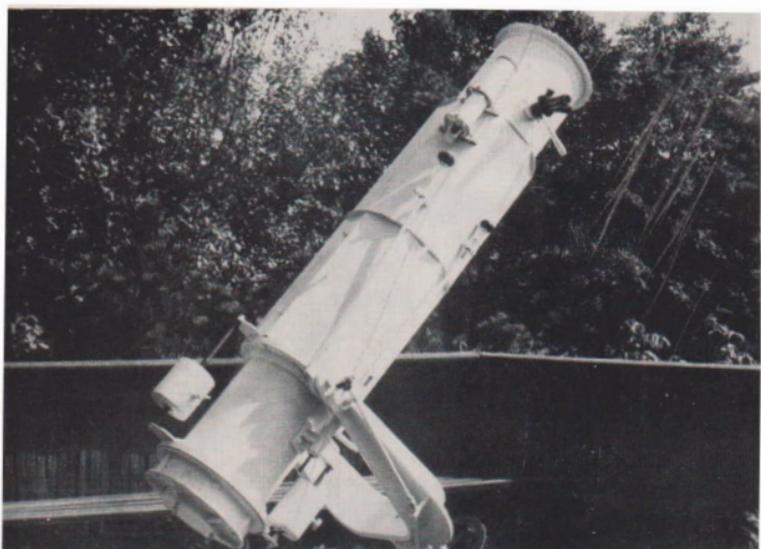


**Oben: Volkssternwarte in  
Zittau. Gesamtansicht von der  
Straße der Jugend her.**



**Zum Beitrag  
auf Seite 129**

**Links: Volkssternwarte in  
Zittau. 420-mm-Spiegel in der  
3-m-Zeiss-Kuppel.**



## Zum Beitrag auf Seite 129

Abb. S. 144 oben: Sternwarte Scholz, Kurort Lückendorf. Hauptinstrument, Newton-Spiegel 300 1952.

Abb. S. 144 unten links: Sternwarte Scholz, Kurort Lückendorf. Zeiss-Refr. mit Sonnen-Polaris.-Okular.

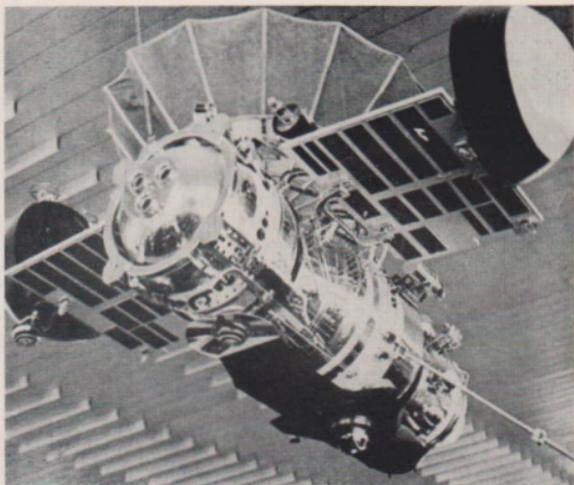
Abb. S. 144 unten rechts: Sternwarte Scholz, Kurort Lückendorf. Zeiss-Refr. 80 1200; Zeiss-Astro-Kam. 9 12/250 mm.

Abb. rechts: Sternwarte Scholz, Kurort Lückendorf. Protuberanzen-Fernrohr.

Abb. unten: Volkssternwarte Kurort Jonsdorf. Gesamtansicht bei abgeschobenem Dach.



**Die sowjetische  
Raumstation  
„Venus 3“ mit aus-  
gebreiteten Solar-  
zellenflächen und  
ausgeklappter  
Antenne.**



**Antennenkomplex  
zur Verfolgung der  
sowjetischen Inter-  
planetaren Flüge.**

# MITTEILUNGEN



## DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT MITGLIED DER IAF

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

### Kernreaktoren in der Raumfahrttechnik

H. D. NAUMANN

Kernreaktoren spielen bisher in der Raumfahrttechnik eine nur untergeordnete Rolle. Sich abzeichnende Entwicklungstendenzen zeigen jedoch, daß sie in Zukunft einen gewichtigen Platz einnehmen werden, wobei folgende Einsatzmöglichkeiten abzusehen sind und gegenwärtig bearbeitet werden: 1. Kerntriebwerke, 2. Energiequellen für elektrische Triebwerke, 3. Energiequellen für die Stromversorgung von Satellitengeräten.

#### 1. Kerntriebwerke

Abb. 1 veranschaulicht das Prinzip eines Kerntriebwerkes im Vergleich zum konventionellen chemischen Triebwerk. Das Prinzip des Kerntriebwerkes besteht darin, daß die durch Kernreaktionen in einem Reaktor freigesetzte thermische Energie zur Erhitzung eines durchströmenden Treibmittels als Arbeitsmittel (Stützmasse) dient, das anschließend in einer Düse entspannt wird. Zwischen beiden Typen besteht zweifelsohne vom Prinzip her eine gewisse Analogie, an die Stelle der Brennkammer tritt der Reaktor.

Der grundsätzliche Vorteil eines Kerntriebwerkes gegenüber einem chemischen Triebwerk besteht in der zwei- bis dreimal höheren Austrittsgeschwindigkeit  $v_A$  des Treibstoffes, wodurch der Kernantrieb überhaupt erst sinnvoll wird. Den Querschnitt durch eine kerngetriebene Rakete zeigt Abb. 2

Für die Austrittsgeschwindigkeit des Treibstoffes gilt allgemein die Proportionalität [1]

$$v_A \sim \sqrt{\frac{T}{M}}$$

$T$  = absolute Temperatur des Treibstoffes vor der Düse  
 $M$  = mittleres Molekulargewicht des Treibstoffes.

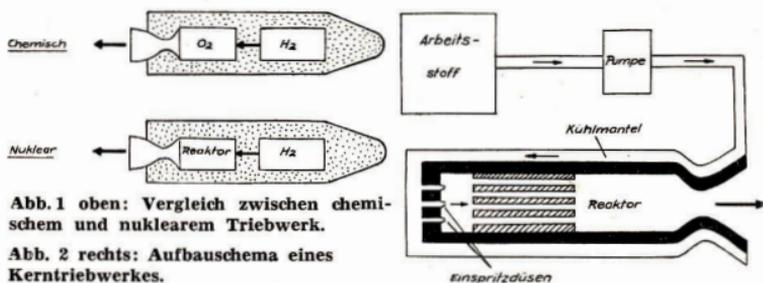


Abb. 1 oben: Vergleich zwischen chemischem und nuklearem Triebwerk.

Abb. 2 rechts: Abauschema eines Kerntriebwerkes.

Die Temperatur eines Reaktors ist aus Werkstoffgründen nicht höher als die Brennkammer eines chemischen Triebwerkes, jedoch ist das mittlere Molekulargewicht bei ersterem kleiner. Bei einem Kerntriebwerk kommt reiner Wasserstoff mit  $M = 2$  zur Anwendung, bei chemischen Triebwerken kommt Sauerstoff mit  $M = 32$  hinzu, so daß das mittlere Molekulargewicht größer wird. Der wichtigste Nachteil der Kerntriebwerke ist die größere Masse der Triebwerksanlage [1].

Als Treibmittel kommen vor allem Stoffe mit kleinem Molekulargewicht zur Anwendung, wie Wasserstoff, Helium oder Ammoniak, wird  $H_2$  auf  $2500 \dots 3000^\circ C$  aufgeheizt, ergibt sich ein spezifischer Impuls von etwa  $8000 \text{ m/sec}$  [3]. Bei einem Kerntriebwerk wird damit pro Mengeneinheit Brennstoff  $10^7$ mal mehr Energie erzeugt als durch ein chemisches Triebwerk. Der Umwandlungsgrad Materie/Energie wird von  $10^{-10}$  auf  $10^{-3}$  verbessert [5]. Eines der Hauptprobleme liegt in der materialtechnischen Beherrschung der hohen Brennkammertemperaturen. Ein entscheidender Fortschritt durch Kerntriebwerke ist nur dann gegeben, wenn das Gas auf  $2500 \dots 3000^\circ C$  erhitzt wird, was verlangt, daß zumindest Teile der Reaktoranlage höhere Temperaturen vertragen.

Ein weiteres Problem bildet die notwendige Abschirmung, die einen erheblichen Masseaufwand erfordert, wie folgendes Beispiel verdeutlicht (nach [1]): Ein einstufiger, bemannter Raumtransporter für einige Tonnen Nutzlast mit einem Kerntriebwerk für  $100 \text{ Mp}$  Schub, wobei die Entfernung Triebwerk – Kabine etwa  $40 \text{ m}$  beträgt, soll vom Boden aus starten. Für den Aufstieg in  $200 \dots 400 \text{ km}$  Höhe werden  $10$  Minuten benötigt, für die Landung  $1 \text{ h}$ .  $7 \text{ h}$  hält sich der Transporter in der Umlaufbahn auf. Bei  $50$  Starts/Jahr soll die zulässige Strahlendosis für die Besatzung nicht überschritten werden. Für die Abschirmung der während der Reaktorbrennzeit beim Aufstieg entstehende Neutronenstrahlung, sowohl die direkte als auch die an den Molekülen der Atmosphäre entstehende Streustrahlung, dienen  $LiH$ -Blöcke von  $1,2$  bis  $1,3 \text{ m}$  Dicke.  $H$  bremst die schnellen Neutronen,  $Li$  absorbiert die gebremsten. Die Abschwächung der während des Reaktorbetriebes und nach Abschaltung entstehenden  $\gamma$ -Strahlung erfolgt durch eine  $20 \text{ cm}$  dicke Bleiabschirmung. Die Abschirmung gegen die beim Abstieg auftretende  $\gamma$ -Streustrahlung erfolgt durch weitere  $LiH$ -Schichten, die seitlich angeordnet sind. Es ergeben sich

Pb-Abschirmung	3 600 kg
LiH-Deckel	1 200 kg
LiH-Ring (seitlich)	15 200 kg
	<hr/>
	20 000 kg

Zu diesen 20 t kommen 5 t für den Reaktor und weitere 5 t für Geräte und Zubehör. Das Leistungsgewicht wird damit

$$\frac{30\,000\text{ kg}}{4\,000\text{ MW}} = 7,5 \frac{\text{kg}}{\text{MW}}$$

Eine Verbesserung dieses zu hohen Wertes ist möglich, wenn das Kerntriebwerk erst oberhalb der Atmosphäre benutzt wird, weil dann die Komponente der Neutronenstrahlung entfällt. Für diesen Fall müßten chemische Triebwerke für den Start verwendet werden.

Bei einem zweiten Typ von Kerntriebwerken wird die Energie von einem Kernfusionsprozeß geliefert. Es handelt sich dabei um die Verschmelzung leichter Atomkerne unter Entstehung schwerer. Ein Kernfusionstriebwerk könnte spezifische Impulse von Millionen Meter/Sekunde liefern. Ein Problem ist die Beherrschung der dabei entstehenden Temperaturen, die bei der Verschmelzung von Deuterium Hunderte von Millionen Grad betragen. Bisher gibt es keine Materialien, die derartigen Temperaturen gewachsen sind. Eine noch utopische Möglichkeit besteht in der Verwendung unsichtbarer Brennkammern in Gestalt geeigneter geformter Magnetfelder. Nach einem Vorschlag von Prof. Winterberg [4] (Universität Nevada) müßten Teilchen von etwa 1 mm Durchmesser auf 1000 km/sec beschleunigt werden und auf Deuterium-Tritium-Tropfen auftreffen. Die dabei freiwerdende kinetische Energie würde die Materie augenblicklich verdampfen, wobei ein Plasma entstünde, das eine Stoßwelle von 100 Mio °C zur Folge hätte. Die Temperatur könnte die Kernfusion einleiten. Durch eine Kette derartiger Explosionen könnte ein Raumschiff eine hohe Geschwindigkeit erhalten. Die Explosionen müßten im Brennpunkt eines Reflektors erfolgen, der die Impulse auf den Flugkörper überträgt. Die Erzielung der notwendigen Teilchengeschwindigkeiten ist noch nicht gelöst. Alles in allem sind die Kernfusionstriebwerke heute in einem Stadium, das noch keine Realisierung absehen läßt.

Um einen Eindruck von etwaigen Daten und dem Aufwand von Kerntriebwerken zu vermitteln, sind in Tab. 1 Daten eines solchen (nach einem Projekt) zusammengestellt [1].

Bisher sind Entwicklungen von Kerntriebwerken nur aus den USA bekannt geworden, obwohl kein Zweifel darüber besteht, daß auch in der UdSSR an diesem Problem erfolgreich gearbeitet wird. Studien sind aus einer Reihe anderer Länder im Zusammenhang mit nationalen Raumfahrtprogrammen bekannt geworden. In den USA begann die Entwicklung von Kerntriebwerken 1955 im Rahmen des ROVER-Projektes [6], das jedoch mehrfachen Einschränkungen unterworfen wurde. Eine Flugerprobung ist zunächst gestrichen.

In seiner ursprünglichen Zielstellung bestand ROVER aus 3 Teilprojekten: KIWI, NERVA und RIFT [6]. Mit Projekt KIWI sollen die Grundlagen der Reaktortechnik für das Gesamtprojekt geschaffen werden. Experimente finden seit Juli 1959 statt. Bearbeitende Stelle ist die Amerikanische Atomenergiekommission (AEC) in Los Alamos. Projekt RIFT sah die Entwicklung einer kerngetriebenen Oberstufe (26 m hoch, 11 m Durchmesser) für die SATURN-Rakete vor, zum Einsatz

**Tabelle 1:** Charakteristische Daten eines möglichen Kerntriebwerkes (nach [1]).

Parameter	Wert	
Schub	100 Mp	Reaktordurchmesser 1,5 m
Thermische Leistung	etwa 4000 MW	Brennzeit 10 Min.
Reaktorkern	homogene Mischung aus Uran und Graphit	Treibstoff H <sub>2</sub> (Aufheizung von - 250 °C auf + 2700 °C bei 50 at Druck)
Spaltstoff	30 ... 130 kg Uran 235	

für Planetenflüge. Das Projekt wurde 1964 von der NASA gestrichen. Projekt NERVA hatte die Entwicklung und Flugerprobung eines Kernreaktors für die RIFT-Stufe zum Ziel. Zur Zeit ist dieses Vorhaben auf die Bodenerprobung eines Reaktors beschränkt worden. Die erste fand im Februar 1966 auf dem Versuchsgelände Jackass Flats in der Wüste von Nevada statt. Ein praktischer Einsatz ist deshalb im Moment nicht abzusehen.

## 2. Energieversorgungsreaktoren für elektrische Triebwerke

Elektrische Triebwerke unterscheiden sich in Wirkungsweise und Anwendungsbereich grundsätzlich von den Kerntriebwerken. Sie ergeben zwar hohe Ausströmgeschwindigkeiten, haben aber einen geringen Massedurchsatz. Dem steht eine lange Antriebszeit zur Seite. Sie sind damit für langandauernde Flüge geeignet und können trotz der geringen Schubbeschleunigung auch hohe Nutzmassen auf enorme Geschwindigkeiten bringen.

Das Prinzip der elektrischen Antriebe besteht darin, daß Teilchen des Arbeitsmediums Energie durch primär erzeugte Elektroenergie erhalten [7]. Die Wirkungsweise derartiger Antriebe ist in [7], [8] und [9] näher dargestellt. Die Primärenergiequelle ist selbst nicht an der Schuberzeugung beteiligt, sondern liefert nur die Energie für den Betrieb des Triebwerkes [7].

Beim Einsatz als Steuertriebwerke beträgt der Leistungsbedarf nur einige kW, so daß als Primärquellen Sonnenenergieanlagen oder Isotopenbatterien eingesetzt werden können. Bei Verwendung als Marsantrieb bei Einsatzzeiten von einigen Jahren liegt der Leistungsbedarf im MW-Bereich. Für eine Marsumrundung werden z. B. etwa 10...30 MW für eine Flugzeit von 1,5...2 Jahren benötigt [10]. Als Primärquellen kommen hierfür nur Kernreaktoren in Betracht. Da sie unter die Gruppen der Energieversorgungsreaktoren fallen und keine grundsätzlichen Besonderheiten aufweisen, gilt für sie prinzipiell das im folgenden Abschnitt Gesagte.

## 3. Energieversorgungsreaktoren

Der Einsatz von Kernreaktoren zur Energieversorgung von Satellitengeräten wird in dem Maße notwendig, wie die ständig steigenden Ziele der Raumfahrt höhere Energiebeträge für längere Zeiträume erfordern. Beispiele für Raumflugunternehmen, die den Einsatz von Reaktoren notwendig machen, sind bemannte Raumstationen, bemannte Mondstationen, Satelliten für Fernsehdirektempfang sowie Planetenflüge mit elektrischen Triebwerken. Die Leistung liegt dabei jeweils mindestens im kW-Bereich bei Betriebszeiten von einigen Jahren.

Von den möglichen Ausführungsformen sind für die Raumfahrt besonders Reaktoren mit turboelektrischer, thermoelektrischer und thermionischer Energieumwandlung interessant. Entwicklungen von Versorgungsreaktoren sind bisher aus den USA, der UdSSR sowie verschiedenen westeuropäischen Staaten bekannt geworden. In den USA erfolgt die Entwicklung im Rahmen des SNAP-Programms (SNAP = Abk. f. Systems for Nuclear Auxiliary Power), wobei die Reaktoranlage zum Unterschied von den im gleichen Projekt geschaffenen Radionuklidbatterien durch angehängte gerade Zahlen gekennzeichnet sind.

Als Beispiel für ein reaktor-turboelektrisches System ist in Abb. 3 der grundsätzliche Aufbau des SNAP 2 dargestellt [10]. Er wurde von der ATOMICS INTERNATIONAL entwickelt, hat einen Durchmesser von 35 cm und eine Masse von 145 kg. Die thermische Leistung beträgt 50 kW, die elektrische 3 kW. Die Brennelemente bestehen aus einer homogenen Mischung von U 235 und Zirkonhydrid. Die Wirkungsweise ist folgende: Die Kühlung des Reaktors erfolgt mit einer eutektischen Mischung aus Natrium und Kalium. Die Übertragung der Wärme vom Primärkreislauf auf den sekundären Hg-Kreislauf erfolgt durch einen Wärmeaus-

tauscher. Der Sekundärkreislauf enthält eine Hg-Dampfturbine mit Generator. Das Hg wird in einem Strahlungskühler kondensiert und in den Wärmeaustauscher zurückgepumpt.

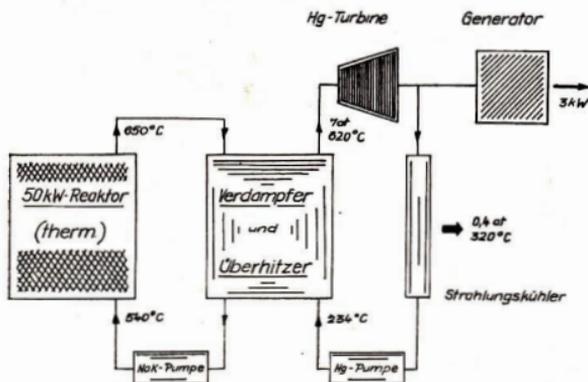


Abb. 3: Schematischer Aufbau des SNAP 2.

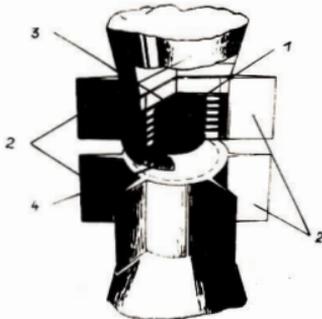
Ein Grundproblem stellt die Abführung der Verlustwärme dar, die durch Abstrahlung erfolgt. Da nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz die abgestrahlte Leistung der 4. Potenz der Temperatur des Abstrahlers proportional ist, muß im Interesse geringen Leistungsgewichtes eine möglichst hohe Betriebstemperatur angestrebt werden [10]. Möglichkeiten bieten sich durch Verwendung von Alkalidampf- oder Gasturbinen sowie z. B. Yttriumhydrid als Moderator [1], so wie es für einen von SIEMENS für den geplanten westdeutschen Satelliten entwickelten Reaktor vorgesehen ist.

Ein reaktor-thermoelektrisches System ist der sowjetische Reaktor „Romaschka“, der vom KURTSCHATOW-INSTITUT Moskau entwickelt wurde. Er findet zunächst nur für stationären Versuchsbetrieb Anwendung, ist jedoch für Satellitenanwendungen nach weiteren Gewichtverminderungen geeignet und vorgesehen [11]. Der Reaktor arbeitet mit 49 kg auf 90 Prozent angereichertem U 235. Der zylindrische Core ist 1 m hoch und hat 0,5 m Durchmesser. An den Stirnseiten sind metallische Berylliumreflektoren, an der Mantelseite konzentrische Beryllium-Graphitreflektoren angebracht. Die Energieumwandlung erfolgt mit etwa 1500 Ge-Si-Thermoelementen, die auf einem Zylinder montiert sind, der die aktive Reaktorzone umschließt. Die Temperatur im Reaktorzentrum beträgt etwa 2800 °C, das Temperaturgefälle über den Thermoelementen 300 °C. Die elektrische Leistung liegt bei 500 ... 800 W, die Masse der Anlage bei 500 kg.

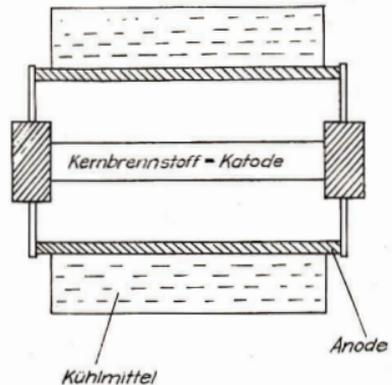
Abb. 4 zeigt den Aufbau des Reaktors SNAP 10, der in der Ausführung SNAP 10 A für eine Leistung von 500 W bei 35 kW thermischer Leistung bestimmt ist, was einem Wirkungsgrad von 1,6 Prozent entspricht. Das Gewicht beträgt 250 kg und damit das Leistungsgewicht 500 kp/kW. Ein Reaktor dieses Typs wurde 1965 mit dem Satelliten SNAPSHOT I (1965 = 27 A) im Weltraum getestet. Er erzeugte dabei 620 ... 680 W Leistung und diente zur Speisung eines kleinen Ionenantriebes, der einen Schub von 0,000 908 k kp lieferte.

Besonders aussichtsreich erscheinen Reaktoren mit thermionischen Wandlern, weil hierbei sehr hohe Betriebstemperaturen möglich sind, die leichtere Abstrahler und damit höhere Leistungsgewichte ergeben. Sie werden jedoch nicht vor 1973 bis

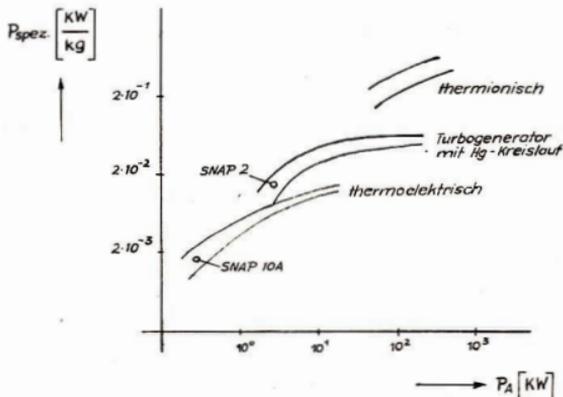
1975 zur Einsatzreife gelangen. Das Prinzip des Thermionic-Wandlers ist folgendes: Die von einer beheizten Katode emittierten Elektronen gelangen nach Durchlaufen eines Zwischenraumes zur Anode und fließen über den äußeren Leiterkreis zurück. Der Vorgang ist dem einer Elektronenröhre vergleichbar. Während dabei jedoch ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden Ursache des Elektronenflusses ist, ist es hier ein Temperaturgefälle, wobei sich die Anode auf dem niedrigeren Temperaturniveau befindet. Je größer die Temperaturdifferenz ist, umso höher wird die Spannungsausbeute. Für 1000 °K ergibt sich ungefähr 1 V. Im Vergleich zu einem Thermoelement ist das beachtlich, da letzteres bei dieser Temperaturdifferenz nur etwa 1 mV ergibt. Die Katodentemperatur soll etwa 2500...3000 °K betragen. Oberhalb dieses Wertes ist keine entscheidende Verbesserung des Wirkungsgrades mehr zu erwarten.



**Abb. 4:** Aufbauschema von SNAP 10  
1 = Kernbrennstoff - 2 = Wärmeabstrahler - 3 = Platten zur Wärmeübertragung - 4 = Thermoelemente.



**Abb. 5:** Aufbau eines Kernreaktors mit integriertem Thermionic-Element.



**Abb. 6:** Spezifische Leistung verschiedener Reaktorsysteme als Funktion der Ausgangsleistung.

Erwähnt sei noch, daß sich im Inneren eines Thermionic-Elementes Cäsiumdampf befindet, der an der Katode ionisiert wird und die Elektronenraumladung kompensiert.

Bisher wurden bei Katodentemperaturen von 1700 °C und Anodentemperaturen von 800 °C Wirkungsgrade von 10–15 Prozent erzielt [1], [10]. Wirkungsgrade von 30, bei Kombination mit Dampfturbinen sogar 60 Prozent sind möglich.

Ein besonderes Problem stellt die sinnvolle Konstruktion bei der Kombination Reaktor-Thermionic-Element dar. Die günstigsten Verhältnisse ergeben sich nach dem gegenwärtigen Stand beim Einsatz thermionischer Konverterbrennelemente direkt im Reaktorkern [1]. Das Schema einer solchen Ausführung zeigt Abb. 5. Die Brennstoffstäbe bilden die Konverterkatode, die Ummantelung des Reaktors die Konverteranode. Im Laborbetrieb wurden mit derartigen Konstruktionen Stromdichten von 30 A/cm<sup>2</sup> bei 1 V erreicht. Reaktoren für 40 MW nach diesem Prinzip sind im Projekt vorhanden.

Es sei nochmals betont, daß der Hauptvorteil der Thermionic-Elemente die hohe Betriebstemperatur ist. Reaktoren mit diesen Wandlern wurden bisher nicht eingesetzt, sie befinden sich erst in Entwicklung. Sie werden den Leistungsbereich oberhalb 10 KW beherrschen.

Abb. 6 zeigt abschließend die spezifische Leistung der besprochenen Anlagen in Abhängigkeit von der elektrischen Ausgangsleistung (nach [3]).

#### Literatur:

- [1] Budnick, D., Oldekop, W.: Reaktoren für die Raumfahrt. Siemens-Ztschr. (1965), H. 5, S. 526–531. — [2] Gatland, K. W.: Astronautik, Erfolge der Gegenwart, Projekte der Zukunft. Krauskopf-Flugwelt-Verlag, Mainz, 1963. — [3] Mielke, H.: Meyers Taschenlexikon Raketen-technik/Raumfahrt. VEB Bibliogr. Institut Leipzig, 1967. — [4] O. V.: Weg zur Kernfusion? elektronik-ztg., 5 (1967), Nr. 19, S. 15. — [5] Dryden, H. L.: Raumflug mit Atomenergie. Weltraumfahrt, 11 (1960), H. 1, S. 11/12. — [6] Hood, H. C.: Project Rovers' Long-Range Target electronics, 35 (1962), Nr. 52, S. 24–26. — [7] Schlagwort „Elektrische Raumfahrtantriebe“ in [3], S. 93–96. — [8] Mielke, H.: Elektrische Raumfahrtantriebe in „Fliegerjahrbuch 1966“. (Herausg.: H. A. F. Schmidt), S. 28–36. VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin. — [9] Hiller, H.: Elektrische Raumfahrtantriebe. Electric, 18 (1964), H. 8, S. 239–242. — [10] Dorn, D.: Elektr. Energieversorgung von Raumfahrzeugen. Siemens-Ztschr., 38 (1964), H. 10, S. 744–752. — [11] O. V.: Russian Satellite Reactor uses Thermoelectrics. Brit. Communicat. a. Electr., 11 (1964), H. 12, S. 834.

## Was kostet Raumfahrt?

HANS SWART

Es ist ein offenes Geheimnis, Raumfahrtprojekte sind äußerst kostspielig. Nur die ökonomisch stärksten Staaten können sich aktiv mit Raumfahrttechnik befassen. Genaue Zahlenangaben über den finanziellen Aufwand für einzelne Träger- raketten, Raumschiffe, Satelliten oder Raumsonden gelangen nur gelegentlich an die Öffentlichkeit. Deshalb dürfte es ganz interessant sein, einmal einen Blick auf die mit dem Start einiger ausgewählter Raumflugkörper verbundenen Kosten zu werfen. Für eine solche Betrachtung stehen vorwiegend nur amerikanische Angaben zur Verfügung; jedoch dürften sich die sowjetischen Aufwendungen in einer ähnlichen Größenordnung bewegen.

## Allgemeine Betrachtungen

Nach Koelle [1] setzen sich die Gesamtkosten pro Flug eines Raumfahrzeuges wie folgt zusammen:

1. Baukosten	50 - 57 %
2. Treibstoffkosten	0,5-0,6 %
3. Transportkosten	0,4-0,7 %
4. Startkosten	10 - 18 %
5. Bergungs-, Wartungs- und Überholungskosten	3 - 20 %
6. Sonstige Kosten	0 - 2 %
Direkte Kosten eines Fluges	64 - 76 %
7. Kostenanteil für Unterhaltung der Flugerprobungsstrecke	0,6 - 5 %
8. Kostenanteil für Start- und Bodenanlagen	7 - 20 %
9. Anteil an den Entwicklungskosten	je nach Bauzahl
10. Sonstige Allgemeinkosten	je nach Programm
<hr/>	
Gesamtkosten eines Fluges	100 %

Betrachten wir die einzelnen Faktoren etwas näher, so fällt als erstes der niedrige Anteil der Treibstoffkosten auf. Mit steigender Anzahl der zu bauenden Geräte eines Typs nehmen die Baukosten pro Stück infolge der wachsenden Erfahrung ab. Noch stärker senkend wirkt sich eine hohe Serienstückzahl auf die anteiligen Entwicklungskosten aus. In den Startkosten sind neben den Kosten der jeweiligen Startvorbereitung auch die anteiligen Betriebskosten für die Startrampe selbst eingeschlossen. Diese berechnen sich aus den Jahreskosten, dividiert durch die Zahl der durchgeführten Starts. Wartungs- und Überholungskosten treten nur bei Raumtransportern und bergungsfähigen Trägerraketenstufen auf. Die auf die Anzahl der Starts umgelegten jährlichen Ausgaben für Bahnvermessungs-, Beobachtungs- und Telemetriestationen bilden den Kostenanteil für die Unterhaltung der Flugerprobungsstrecke. Ähnliches gilt für den Kostenanteil für Start- und Bodenanlagen. Zu den sonstigen Kosten gehören z. B. Mannschafts-, Verwaltungs- und andere Allgemeinkosten.

### Was kosten Trägerraketen?

Mit steigender Nutzmassekapazität der Trägerraketen nehmen besonders die Entwicklungs- und Baukosten zu. Jedoch sind größere Raketen wirtschaftlicher, wie z. B. ein Vergleich der Entwicklungskosten zeigt (Tabelle 1). Als Maßstab der Wirtschaftlichkeit gelten die Kosten für den Transport von 1 kg Nutzmasse. Die spezifischen Transportkosten (TK) errechnen sich nach

$$TK = \frac{\text{Kosten pro Start} \cdot \text{Erfolgswahrscheinlichkeit}}{\text{Nutzmasse}}$$

Die spezifischen Transportkosten sind in den letzten Jahren ständig gesunken. Betragen sie bei der Vanguard-Rakete noch etwa eine halbe Milliarde Dollar pro Kilo Nutzmasse, so liegen sie heute bei den größten amerikanischen Trägerraketen etwa in der Größenordnung von 1000 Dollar pro Kilo Nutzmasse.

### Was kosten Satelliten, Raumsonden und Raumschiffe?

Raumflugkörper sind meist erheblich teurer als die für ihren Transport in die Umlaufbahn erforderlichen Trägerraketen. Dafür sind hauptsächlich zwei Gründe maßgebend: 1. Der Massenanteil an Elektronik und anderen, oft speziellen und deshalb teuren Ausrüstungen ist in Raumflugkörpern wesentlich höher als in den Trägeraketen. 2. Infolge der vorwiegend geringen Serienstückzahl verteilen sich die hohen Entwicklungskosten nur auf wenige Flugkörper und verteuern damit das Einzelgerät erheblich.

In Tabelle 2 sind die Kosten pro Start einiger häufig benutzter Trägerraketen angeführt [2].

**Tabelle 1**

Trägerrakete	Nutzmassekapazität für 300-km-Orbit kg	Entwicklungskosten		Nutzmassekapazität
		Mio Dollar	Dollar pro kg	
Scout	100	16		160 000
Titan III C	10 000	750		75 000
Saturn V	100 000	3000		30 000

**Tabelle 2**

Trägerrakete	Kosten pro		Start in Mio Dollar Startoperation	Gesamt
	1. Stufe	2. Stufe		
Thor-Delta	1	0,7	0,8	2,5
Thor-Agena D	1	2,7	1,9	5,6
Atlas-Agena D	2	2,7	3,9	8,6
Atlas-Centaur	2	5,7	3,4	11,1

**Tabelle 3**

Raumsonde bzw. Erdsatellit	Anzahl der gebauten Flugkörper	Gesamtkosten einschl. Entwicklung Mio Dollar	Kosten je Einsatz Mio Dollar	Masse (ohne Treibstoff) kg
Typ Mariner 2	3	30	10	204
Typ Mariner 4	3	85	28	260
Ranger	9	170	19	306—362
Surveyor	7	450	64	344
Orbiter	5	150	30	258
OSO	8	80	10	236
OA0	5	310	62	1630
OGO	6	210	35	453
Nimbus	4	200	50	408
Biosatellit	6	130	22	430—565

Betrachten wir zunächst die Kosten einiger amerikanischer Projekte der bemannten Raumfahrt. Für die Entwicklung des Gemini-Raumfahrzeugs und den Bau von 13 flugfähigen Kapseln bezahlte die NASA rund 460 Mio Dollar an die Herstellerfirma. Ein bemannter Geminiflug kostete im Durchschnitt etwa 150 Mio Dollar. Für das geplante militärische Raumlaboratorium MOL wurden 1,5 Md. Dollar Projektkosten veranschlagt. Da fünf bemannte Einsätze vorgesehen sind, würde also jeder Flug etwa 300 Mio und jede Pilotenflugstunde in diesem Laboratorium 200 000 Dollar kosten. Der finanzielle Aufwand für das Mondlandeprogramm Apollo ist mit der riesigen Summe von mindestens 20 Md. Dollar eingeplant. Im Rahmen dieses Programms sind insgesamt 27 unbemannte und bemannte Erprobungsflüge auf ballistischen, Orbital- und Mondflugbahnen mit den Trägerraketen Saturn I B und Saturn V vorgesehen. Durchschnittlich würde also jeder dieser Flüge etwa 750 Mio Dollar kosten.

Aber auch unbemannte Raumflugkörper sind nicht billig, wie z. B. aus Tabelle 3 hervorgeht [3]. Die Summen beziehen sich auf die Raumflugkörper einschließlich Instrumentierung, jedoch ohne Trägerraketen.

## Nationale Raumfahrtausgaben

Die NASA ist der Hauptadministrator der amerikanischen Raumfahrtprojekte. Ihr Etat bewegte sich nach ihrer Gründung im Jahre 1958 wie folgt:

1959	0,39 Md. Dollar	1962	1,67 Md. Dollar	1965	5,25 Md. Dollar
1960	0,52 Md. Dollar	1963	3,94 Md. Dollar	1966	5,18 Md. Dollar
1961	0,97 Md. Dollar	1964	5,1 Md. Dollar	1967	5,01 Md. Dollar

Einem raschen Anstieg folgte seit 1964 eine Stagnation und, hauptsächlich durch den Aggressionskrieg in Vietnam bedingt, seit 1966 ein spürbarer Rückgang. In Zukunft sind jährlich etwa 5 Md. Dollar vorgesehen.

Neben der NASA finanzieren aber noch andere Institutionen die amerikanischen Raumfahrtprojekte. So gaben z. B. im Haushaltjahr 1967 das Verteidigungsministerium 1650, die Atomenergiekommission 174, das Handelsministerium 27 und die Nationale Stiftung für Wissenschaft 3 Mio Dollar zusätzlich. Insgesamt wurde damit in den letzten Jahren in den USA etwa 1 Prozent des Nationaleinkommens für Raumfahrtzwecke aufgewendet.

Aus der Sowjetunion liegen keinerlei Angaben zu diesem Thema vor. Im Verhältnis zum Aufwand der beiden großen Raumfahrtmächte sind die Ausgaben der übrigen Staaten verschwindend gering. Beispielsweise wurden in der Bundesrepublik von 1963 bis 1966 insgesamt nur 349 Mio Mark oder durchschnittlich etwa 0,03 Prozent des Nationaleinkommens für Weltraumforschung, einschließlich der Kosten für ELDO und ESRO ausgegeben. Frankreichs Raumfahrt beanspruchte in den letzten Jahren im Durchschnitt etwa 0,1 Prozent des Nationaleinkommens und zwar 1965 286 Mio, 1966 360 Mio und 1967 496 Mio Francs. Italien gab 1967 850 Mio Lire aus; für 1968 ist die gleiche Summe vorgesehen.

## Gesamtausgaben

Die von 1957 bis 1967 von allen Staaten für Raumfahrt und Weltraumforschung aufgebraachte Gesamtsumme beläuft sich nach groben Schätzungen auf rund 60 Md. Dollar.

Das ist eine Summe, die umgerechnet etwa dem gesamten Nationaleinkommen der DDR in den letzten drei Jahren entspricht. Somit entfallen im Durchschnitt auf jeden Kopf der Erdbevölkerung jährlich 7,50 Mark.

Es soll hier nicht diskutiert werden, ob der finanzielle und materielle Aufwand für Raumfahrt in dieser Höhe gerechtfertigt ist, oder ob besser ein Teil davon für andere nützliche und humanitäre Zwecke zu verwenden sei; für beide Alternativen ließen sich genügend Argumente finden.

Eines kann aber mit Sicherheit ausgesprochen werden: gegenüber den Rüstungsausgaben – allein 1964 wurden auf der Erde insgesamt 520 Mld. Mark, d. h. 160 Mark pro Kopf für Rüstung aufgebracht [4] – nehmen sich die Aufwendungen für Raumfahrt relativ bescheiden aus.

## Literatur:

- [1] H. H. Koelle u. D. E. Koelle, *Theorie und Technik der Raumfahrzeuge*, Stuttgart 1964, S. 137.
- [2] F. Narin (Hrsg.), *„Post Apollo Space Exploration“*, Washington 1966.
- [3] E. M. Cortright, *Astronautics and Aeronautics* (1967) Jan., S. 26.
- [4] *Allg. Schweiz. Mil.-Ztschr.* (1966), Nr. 8, S. 471.

# COMSAT 1967

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

COMSAT, die nach kommerziellen Gesichtspunkten arbeitende USA-Aktiengesellschaft zum Betrieb von Nachrichten-Satelliten, trat im Februar 1963 ins Leben und veröffentlichte kürzlich ihren Jahresbericht 1967, den sie mit einem Rückblick über die ersten fünf Jahre ihrer Geschäftstätigkeit und einem kurzen Ausblick auf kommende Vorhaben verband. Ferner erschien der Jahresbericht 1967, den COMSAT dem USA-Präsidenten und dem Kongreß vorlegen muß. Wir entnahmen diesen Berichten u. a. folgendes:

COMSAT hat bisher fünf Starts von Nachrichten-Satelliten durchgeführt, davon waren vier erfolgreich. Der erste arbeitsfähige Nachrichten-Satellit war „Early Bird“, der am 6. April 1965 auf seine Umlaufbahn gebracht wurde; er war für eine Betriebsdauer von 18 Monaten ausgelegt worden, arbeitet aber mit seinen 240 Kanälen noch heute.

Der für den 26. Oktober 1966 vorgesehene Start eines weiteren Nachrichten-Satelliten schlug fehl bzw. der Satellit erreichte nicht seine geplante Umlaufbahn.

1967 wurden drei Satelliten mit je 240 Kanälen auf Umlaufbahnen in rd. 35 000 km Höhe über dem Äquator gebracht, am 11. Januar 1967 „Pacific I“ zur Herstellung von Nachrichtenverbindungen zwischen den USA und Ostasien auf 173° östlicher Länge, am 22. März 1967 „Atlantic II“ zur Unterstützung von „Early Bird“ auf 81° westlicher Länge, und am 27. September 1967 „Pacific II“ zur Verstärkung der Verbindungen nach Ostasien, insbesondere nach Vietnam, auf 175° östlicher Länge.

Dem Pentagon in Washington stehen ständig 30 Kanäle zur Verfügung, um die Nachrichtenverbindungen mit den Aggressionstruppen in Vietnam aufrecht zu erhalten. Im März 1968 wird ein weiterer Satellit dieser Serie fertig, der als Reserve für unvorhergesehene Fälle zunächst auf Lager genommen wird.

Die nächste Generation der Nachrichten-Satelliten soll eine fünfjährige Lebensdauer haben und über 1200 Kanäle verfügen. Im Sommer 1968 soll der erste Satellit dieser neuen Generation gestartet werden. Aus dieser Generation soll erstmalig ein Satellit über dem Indischen Ozean stationiert werden. Die folgenden Generationen sollen 2000 und später 5000 Kanäle haben. Es ist auch daran gedacht, einen Satelliten einzusetzen, der über einen Richtstrahler verfügt, so daß Nordamerika und Westeuropa von ihm bestrahlt werden.

Zu den von COMSAT gebauten Bodenstationen in Andover (USA Staat Maine), Brewster Flat (Washington) und Paumalu (Hawaii) kommen im Laufe der nächsten Monate drei weitere Stationen hinzu: Etam (Virginia), Jamesburg (Kalifornien) und Cayez (Puerto Rico).

13 Bodenstationen außerhalb der USA befinden sich z. Z. in zehn Ländern, nämlich in Australien, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Kanada, Philippinen, Spanien, Thailand und Westdeutschland. Man geht sicher nicht fehl in der Annahme, daß die Anlagen auf den Philippinen und in Thailand vorwiegend militärischen Zwecken dienen.

In 14 weiteren Staaten ist der Bau von Bodenstationen im Gange bzw. befindet sich im Projektierungsstadium. Um 1970 wird mit rund 40 Bodenstationen gerechnet. Die Kosten für eine Bodenstation schwanken zwischen 15 und 30 Millionen Dollar.

COMSAT ist gleichzeitig der Geschäftsführer von INTELSAT, dem 1964 gegründeten internationalen Konsortium für Nachrichten-Satelliten. Dieser internationalen Organisation zum Aufbau neuer globaler Systeme von Nachrichten-Satelliten gehörten Anfang 1968 61 Staaten an. Uganda wurde am 5. Januar 1968 61. Mitglied und war der 12. afrikanische Staat, der INTELSAT beitrat. Über die westeuropäischen Versuche, innerhalb von INTELSAT eine dominierende Position einzunehmen, schwiegen sich die Berichte aus.

COMSAT möchte seine Geschäftstätigkeit ausweiten und z. B. Nachrichten-Satelliten auf solche Umlaufbahnen bringen, daß sie Nordamerika versorgen. Hier stößt COMSAT auf die Konkurrenz der großen amerikanischen Fernmeldegesellschaften, die dieses Geschäft gerne allein machen möchten. Ebenso ist ein heftiger Kampf zwischen COMSAT und den großen Kabelfirmen entbrannt, die bis 1970 ein neues Transatlantik-Kabel mit 720 Kanälen verlegen wollen. COMSAT läßt alle Minen springen, um das Verlegen dieses Kabels zu verhindern.

Die Bilanz weist aus, daß COMSAT per 31. Dezember 1967 ein Vermögen von 226 Millionen Dollar besaß. Das Geschäftsjahr 1967 weist ein Reineinkommen von 2,8 Millionen Dollar aus; die Gewinnrate ist also noch sehr niedrig, aber immerhin ist ein erster Gewinn zu verzeichnen. Die Herstellungskosten für einen Nachrichten-Satelliten betragen 2,2 Millionen Dollar; die Kosten für den Start, den die NASA durchführte, wurden nicht angegeben. Die monatliche Gebühr für die Benutzung eines Sprechkanals betrug 1967 3800 Dollar. Eine Stunde Schwarz-Weiß-Fernsehsendung kostet z. Z. 2600 Dollar.

COMSAT begann seine Tätigkeit mit 138 Beschäftigten. Heute sind es 770; davon sind 170 auf den drei Bodenstationen tätig, der Rest arbeitet in Washington. Für sein Verwaltungsgebäude in Washington muß COMSAT 1,1 Millionen Dollar jährlich an Miete zahlen.

## **Ist die Eldo am Ende?**

Im März 1962 wurde in London von Großbritannien, Frankreich, Italien, Westdeutschland, den Niederlanden, Belgien und Australien das Abkommen zur Gründung der ELDO (European Launcher Development Organisation) unterzeichnet, deren Anfangsprogramm den Bau einer dreistufigen Trägerrakete vorsah [1]. Die „Geschichte“ dieser Organisation ist seitdem von zahlreichen Unstimmigkeiten und Fehlschlägen gekennzeichnet. Obwohl eine Reihe von Satellitenprojekten in Angriff genommen wurden, war man sich unter den ELDO-Ländern nie völlig einig, welche konkreten Aufgaben diese Rakete erfüllen soll [2]. Eine Reihe von Krisen waren die Folge.

Nach dem derzeitigen Stand ist es jedoch wahrscheinlich, daß die ELDO nach dem Jahre 1971 nicht mehr fortbestehen wird. Ursache ist der Ende April 1968 in London von Technologie-Minister Anthony Wedgwood Benn bekanntgegebene Entschluß Großbritanniens, nach 1971 keine finanziellen Verpflichtungen gegenüber der ELDO mehr zu übernehmen [2, 3].

Die in Stuttgart erscheinende „elektronik-zeitung“ schreibt in ihrer Ausgabe vom 3. Mai 1968:

„Großbritannien habe diese Entscheidung getroffen, weil der langfristige wirtschaftliche und technologische Wert der derzeitigen Projekte recht zweifelhaft sei. Der Vorsprung der Amerikaner und Russen ließe sich nach Ansicht des Ministers nur dann aufholen, wenn das bis Ende 1971 auf 2,4 Mrd. DM veranschlagte ELDO-Projekt schon 1968 auf mehr als 12 Mrd. DM aufgestockt werden könnte. Diese enormen Mittel können jedoch die europäischen Mitgliedstaaten der ELDO nicht aufbringen [3].

Die gleiche Zeitung schreibt an anderer Stelle [2], daß damit „die ehrgeizigen, aber bisher erfolglosen Bemühungen der europäischen Länder, gemeinsam in den Weltraum vorzustoßen und dort mit den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion zu konkurrieren, gescheitert sind.“

Der britische Beschluß muß deshalb als besonders schwerwiegend angesehen werden, weil Großbritannien mit nahezu einem Drittel den Hauptanteil an der Finanzierung der ELDO trug. Es ist kaum anzunehmen, daß die restlichen Teilnehmerstaaten bereit und in der Lage sind, diesen Anteil mit zu übernehmen. Damit ist der Fortbestand der ELDO nach 1971 nicht mehr gesichert.

„Wahrscheinlich“, so schreibt das bereits mehrfach zitierte Fachjournal, „wird man ihr ein ruhmloses Ende bereiten müssen.“

Na.

#### Literatur:

- [1] Reintanz, G.: ELDO und ESRO, *Astronomie u. Raumfahrt*, H. 4/64, S. 109 ff.
- [2] Müller, K.: Naht das Ende der ELDO?, *Elektronik-ztg.* vom 3. 5. 68, S. 183.
- [3] BN.: Rückzug von ELDO und CETS, ebenda, S. 188.

## Fernsehkamera für Mondastronauten

Im Auftrag der NASA entwickelte die Fa. Westinghouse die TV-Kamera, die die APOLLO-Astronauten mit zum Mond nehmen sollen. Die Kamera dient in erster Linie für Live-Übertragungen aus allen Phasen des APOLLO-Fluges, in einer zweiten, sekundären Betriebsart mit geringerer Bildwechselfrequenz und erhöhter Auflösung für wissenschaftliche Zwecke.

Die Kamera muß folgenden Umweltbedingungen genügen: Erschütterungen von 10 bis 2000 Hz bei Beschleunigungen bis zu 6 g; Stoßbeanspruchungen bis zu 8 g bei Start und Landung; Luftdrücke zwischen 760 mm Hg (Normaldruck) und 10 bis 14 mm Hg (Ultrahochvakuum); Temperaturen zwischen plus 125 °C und minus 185 °C; Schall mit Intensitäten von 30 dB. Die Kamera muß ferner immun gegen Mikrometeoriten- und Strahlungseinflüsse sein und in der Sauerstoffatmosphäre der APOLLO-Kapsel sicher arbeiten.

Bis auf den Wechsel der verschiedenen Linsensysteme ist der Betrieb vollautomatisiert. Fernsehübertragungen sind bei Helligkeitsunterschieden bis zu 1 : 100 000 möglich. Wegen der begrenzten Übertragungsbandbreite von 500 kHz werden die Bilder langsamer abgetastet als beim normalen Fernsehen, so daß auf der Erde ein Umsetzen auf die üblichen Fernsehnormen notwendig ist. Im „Normalbetrieb“ erfolgt die Abtastung mit 10 Teilbildern/Sekunde und 320 Zeilen. Die wissenschaftlichen Übertragungen erfolgen mit 1280 Zeilen und einer Teilbildfrequenz von 0,625 Hz. (Nach: radio-mentor-electronic, 34 [1968] 7, S. 486-487.)

H. D. N.

## Bölsche-Preis für L. I. Sedow

HORST HOFFMANN

Die westdeutsche Kosmos-Gesellschaft verlieh am 10. März 1968 die Goldene Wilhelm-Bölsche-Medaille des Jahres 1968 an Professor Dr. Leonid Iwanowitsch Sedow. Seit 1961 verleiht die Kosmos-Gesellschaft in Stuttgart den Wilhelm-Bölsche-Preis an Autoren, die es verstehen, wissenschaftliche Themen allgemeinverständlich darzustellen. Zugleich wurde damit die hervorragende Leistung der sowjetischen Weltraumfahrt gewürdigt. Anlässlich der feierlichen Auszeichnung sprach Professor Sedow in der Stuttgarter Liederhalle über den Entwicklungsstand und die Probleme der sowjetischen Kosmonautik.

Leonid Iwanowitsch Sedow wurde am 14. November 1907 in Rostow am Don als Sohn eines Bergwerksingenieurs geboren. Bereits mit 17 Jahren legte er sein Abitur ab und begann Physik zu studieren. Mit 20 Jahren nahm er neben dem Studium eine Lehrtätigkeit als Dozent an einer Arbeiter-und-Bauern-Fakultät auf, um junge Arbeiter und Bauern auf ihr späteres Hoch- und Fachschulstudium vorzubereiten.

Mit 23 Jahren beendete Leonid Iwanowitsch Sedow sein Studium und wurde Assistent am Luftfahrtinstitut „Grigori Ordshonikidse“ in Moskau und erhielt dort einen Lehrauftrag. 28-jährig bekam er am gleichen Institut eine Professur. Man schrieb das Jahr 1935, in welchem Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, der „Vater der Astronautik“ und Lehrer der sowjetischen Raumfahrtforscher, im Alter von 78 Jahren in Kaluga starb.

In der Zeit von 1936 bis 1941 arbeitete Professor Sedow gemeinsam mit den Schülern des weltbekannten Aerodynamikers Joukowski an speziellen aerodynamischen Problemen, die bei sehr hohen Geschwindigkeiten auftreten. Leonid Sedow hat persönlich großen Anteil daran, daß heute Aerodynamik und Hydrodynamik in der Fluidodynamik vereinigt sind. 1941 bis 1945 arbeitete er mit einem Kollektiv an Rüstungsaufgaben für die sowjetische Kriegsmarine.

1945 wurde Professor Sedow Direktor des Instituts für Mathematik „Steklow“, und 1946 erhielt er einen Lehrstuhl an der Lomonossow-Universität in Moskau. Im selben Jahr wurde er von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR zum Korrespondierenden Mitglied gewählt. 1952 wurde er Leiter der Sektion Mechanik in der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und 1953 Ordentliches Mitglied.

Als 1954 bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR eine „Kommission für Interplanetare Verbindungen“ entstand, wurde Professor Sedow zum Vorsitzenden dieser Kommission berufen. Aufgaben dieses Gremiums ist die Planung, Koordinierung und Organisierung der sowjetischen Raumfahrtprogramme. Diese Arbeitsgruppe wurde auf dem V. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation (IAF) stimmberechtigtes Mitglied der IAF.

Am 2. August 1955 verkündete Leonid Sedow auf dem VI. Kongreß der IAF in Kopenhagen die Absicht der Sowjetunion, im Rahmen des „Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58“ Forschungssatelliten zu starten.

Seit 15 Jahren ist Professor Sedow Leiter der sowjetischen Delegation in der IAF, deren Präsident er ab 1959 war, und zu dessen Vizepräsident er auf dem XVIII. Kongreß in Belgrad 1967 gewählt worden ist. Für seine hervorragenden Leistungen auf den Gebieten der Aerodynamik, Astrophysik und Astronautik wurde er mit dem Staatspreis, dem Leninorden und dem Lomonossow-Preis ausgezeichnet.

## NEUE BÜCHER

### Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten

Soeben ist die 4. Auflage der Astronomisch-chronologischen Tafeln für Sonne, Mond und Planeten erschienen. Auch die neue Auflage wird in allen astronomisch interessierten Kreisen großes Interesse finden. Sie wurde im Herbst 1967 vom Autor abgeschlossen. Die erste Auflage erschien 1960. Mit 7 Abbildungen, 43 Tafeln und einem Zellophandeckblatt ist die neue Auflage sehr ansprechend. Die Tafeln sind einfach und übersichtlich gehalten. Auch der Laie kann mit ihnen arbeiten, wenn er sich vor der Benutzung der Tafeln sorgfältig der Lektüre des nicht sehr umfangreichen und durchaus nicht trocken gehaltenen Textes widmet. Es werden keinerlei spezielle mathematische Kenntnisse vorausgesetzt. Trigonometrische Formeln und sogar Logarithmen wurden vermieden.

Bei der gründlichen Durcharbeitung und Handhabung der Tafeln lernt der Laie und Anfänger in der Sternkunde manchen neuen Begriff, der in der einschlägigen populären Literatur kaum enthalten ist, kennen. So zum Beispiel den Begriff der Syzygien, womit die jeweiligen Neu- und Vollmonde bezeichnet werden.

Neben den Syzygientafeln gibt es drei weitere Abteilungen: Sonnen- und Planetentafeln, Mond- und Finsternistafeln sowie Umrechnungstafeln für die Verwandlung von ekliptikalener Länge und Breite in Rektaszension und Deklination.

Sehr interessant sind die im zweiten Teil enthaltenen Tafeln zur Bestimmung des Mondortes für die Jahre von minus 3000 bis plus 2499, welche die Berechnung eines Mondortes, die genäherte Berechnung von Sonnen- und Mondfinsternissen sowie die Berechnungen von Kulmination und des Auf- und Unterganges enthalten.

H. PFAFFE

**Dr. Paul Ahnert: Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten.**  
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1968. Kartoniert 10,20 M.

### Zur Ergänzung Ihrer Astro-Bibliothek:

Beim Herausgeber dieser Zeitschrift sind noch in beschränkter Zahl die geschlossenen Jahrgänge 1963, 1964, 1965, 1966 von „Astronomie und Raumfahrt“ vorrätig. Sie werden an Interessenten bis Ende Januar 1969 verbilligt abgegeben. Bei Wahrnehmung dieser Bestellzeit kostet der Jahrgang statt 9.- M nur 6.- M. Desgleichen kann noch ein kleinerer Bestand des Sonderheftes 1/1967 zum Preise von 1.- M abgegeben werden.

Wir empfehlen allen Fachgruppen und Sternfreunden – sofern sie die Zeitschrift nicht schon gesammelt haben – von diesem Angebot Gebrauch zu machen. Eine Verbilligung späterer Jahrgänge ist deshalb nicht möglich, weil die Bezieherzahl die Auflagenhöhe erreicht hat und eine Lagerhaltung nicht mehr möglich ist.

Bestellungen werden erst ausgeführt, wenn der Bestellbetrag durch Postanweisung beim Deutschen Kulturbund, Abt. Natur und Heimat, 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, eingegangen ist.

# Astronomie und Raumfahrt



5-B

141  
Luis  
6.2.72



# Astronomie und Raumfahrt

1968 **6**

## Inhalt

	Seite
Bericht über die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. September 1968 · <i>Karl-Heinz Neumann</i> . . . . .	161

### Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Seminar „Himmelfotografie“ in Hartha · MR Dr. <i>Karl Sigmund</i> . . . . .	167
---	-----

### Aus der Literatur

Mond und Erde . . . . .	169
Icarus blieb lichtschwaches Objekt . . . . .	170
Erstaunliche Beobachtungen der Astronomen . . . . .	170
Bewegungsgesetze von Sternansammlungen ermittelt . . . . .	173
Theorie des heißen Weltalls . . . . .	173
Programm der Satellitenbeobachtung . . . . .	173

### Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. Vierteljahr 1968 · <i>Erich Schütz</i> . . . . .	174
Bilder von der totalen Sonnenfinsternis am 22. September 1968 <i>Karl-Heinz Neumann</i> . . . . .	174–178

### Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Das INTELSAT-Konsortium und seine Satellitenprojekte · <i>H. D. Naumann</i> . . . . .	179
3. Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ . . . . .	184
Bölkow und Messerschmitt fusionieren. Ein neuer westdeutscher Luft- und Raumfahrt-Konzern · Prof. Dr. <i>Gerhard Reintanz</i> . . . . .	192

## Neue Bücher

<b>Grundkalendarium 1970</b> . . . . .	3. Umschlagseite
--	------------------

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Karl-Heinz Neumann; Edgar Otto; A. Hockauf. Redaktionsbeirat: Dipl.-Astronom E. Bartl, Wilhelm Hempel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lamprecht, Heinz Mielke, Dr. H. Oleak, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Ruhle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 104 Berlin, Hessische Str. 11–12, Fernspr.: 42 97 44/45. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1968 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, Halle (S.), Geiststraße 22

# **Bericht über die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. September 1968**

KARL-HEINZ NEUMANN

Zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. September 1968 reiste eine aus zwei Mitgliedern bestehende Expeditionsgruppe der Satellitenbeobachtungsstation "Junge Welt" nach Sibirien. Als Beobachtungsort war das Städtchen Jurgamysch vorgesehen. Die Wahl des Beobachtungsortes ist auf eine Reihe von für diesen Ort gegebenen Vorteilen zurückzuführen. Der Ort Jurgamysch war verkehrstechnisch günstig zu erreichen. Von Moskau aus besteht eine Flugverbindung nach der Gebietshauptstadt Kurgan. Der Ort Jurgamysch liegt an der transsibirischen Eisenbahn, außerdem führt von Kurgan eine Hauptverkehrsstraße ( 66 km) nach Jurgamysch. Der Beobachtungsort lag ferner fast auf der Zentrallinie der Totalitätszone dieser sibirischen Finsternis. Die Dauer der totalen Verfinsterung hatte in diesem Gebiet ihr Maximum mit 39,7 Sekunden. Zum anderen war die Winkelhöhe der Sonne über dem Horizont mit 19 Grad ebenfalls die Maximale in der gesamten Totalitätszone. Die Prüfung der langjährigen klimatologischen Mittelwerte über die zu erwartende Bewölkung war für dieses Gebiet besonders günstig. Die Wahrscheinlichkeit, daß an dem Tage der Totalität wolkenfreier Himmel herrscht, war mit 80 Prozent bestimmt worden. Nicht zuletzt spielte für die Wahl dieses Ortes auch die Tatsache eine Rolle, daß alle ausländischen Expeditionen, die zur Beobachtung dieser Finsternis nach Sibirien gereist waren, ebenfalls Jurgamysch als Beobachtungsort gewählt hatten.

Der Verfasser sowie ein Redakteur der „Jungen Welt“, Günter Beckmann, reisten zur Beobachtung dieser Finsternis am 17. September 1968 zunächst nach Moskau. Von dort gelangten sie auf dem Flugwege am 21. September nach Kurgan. In ihrer Begleitung befand sich als Dolmetscherin eine Studentin der Moskauer Lomonossow-Universität, Alewtina Georgiewna Schanamina. Auch ihr wurden während der Finsternis kleine Beobachtungsaufgaben übertragen.

Unsere Sorgen bezüglich Zeitknappheit für die Fahrt von Kurgan nach Jurgamysch erwiesen sich als vollkommen ungerechtfertigt. Auf dem Flugplatz von Kurgan wurden wir von einer Delegation der Gebietsleitung der KPdSU empfangen und per PKW am nächsten Morgen zum Beobachtungsort gebracht.

Der eigentliche Beobachtungsort, in dem sich auch alle anderen Expeditionen befanden, lag etwa 18 km südlich der Ortschaft Jurgamysch. In einem Sommerlager für sowjetische junge Pioniere, das von einem schon sehr herbstlich anmutenden Birkenwald umgeben war, waren die Expeditionsgruppen, die aus acht verschiedenen Ländern kamen, untergebracht. Die Sowjetische Akademie der Wissenschaften, die die Betreuung aller Expeditionsgruppen übernommen hatte, zeigte sich sehr bemüht, allen Teilnehmern den Aufenthalt so angenehm wie möglich zu gestalten. So waren für das Gelingen der Expedition eine ganze Reihe technischer Vorkehrungen getroffen worden.

Neben der selbstverständlich normalen Stromversorgung befand sich an diesem Ort noch ein dieselgetriebenes Notstromaggregat. Sämtliche Expeditionsgruppen hätten damit ebenfalls versorgt werden können. Außerdem war ein Flugzeug vom Typ AN-2 bereitgestellt. Von jeder Expeditionsgruppe hätte zumindest ein Teil-

nehmer mit photographischen Handinstrumenten bei wolkenverhangenem Himmel starten können, um oberhalb der Wolkendecke einfache Aufnahmen der Totalität machen zu können.

Südlich des Pionierlagers erstreckte sich eine etwa 3 km lange Talsenke, die von einem Nebenfluß des Tobol durchschnitten wurde. Am Rand dieser Senke bis hinunter zum Fluß hatten die einzelnen Expeditionsgruppen ihre Instrumente aufgebaut. Durch Zelte oder einfache kleine Holzschutzdächer waren die mitunter schon Tage vorher aufgestellten Apparaturen vor den Witterungsunbilden geschützt. Sogar noch in der Nacht vor der Finsternis hatte es starke Regenfälle gegeben. Diejenigen Expeditionsgruppen, die elektronische Apparaturen für ihre Untersuchungen notwendig hatten, konnten diese in einzelnen in diesem Gelände vorhandenen Baracken unterbringen. Auch für alle notwendigen zusätzlichen technischen Hilfsmittel war gesorgt. Zum Beispiel benötigte eine amerikanische Expeditionsgruppe von der Universität von Albuquerque aus Neu Mexiko, über deren Aufgabenstellung noch zu berichten sein wird, flüssigen Stickstoff zur Kühlung der Photozellen; auch dieser war vorhanden. Die organisatorische Leitung für das gesamte „Expeditionscamp“ lag in Händen von Prof. Dr. Ustislaw Nikolajewitsch Gnewitschew, Kandidat der Physikalisch-Mathematischen Wissenschaften, Leiter der astronomischen Bergstation des Pulkowo-Observatoriums nahe Kislowotzk für sonnenphysikalische Untersuchungen. Er ist außerdem Mitglied des Astronomischen Rates der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Zur Zeit hat er das Amt des Präsidenten der Kommission zur Erforschung der Sonne der Internationalen Astronomischen Union inne.

Die meteorologischen Verhältnisse erschienen zunächst am Tage der Finsternis äußerst günstig. Es herrschte bis gegen 11<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Ortszeit absolut wolkenfreier Himmel. Danach tauchte von Nordwesten her kommend relativ schnell bewegte Quellbewölkung auf. Diese Bewölkung, die mitunter die Sonne verdeckte, war auch noch in der ersten Hälfte der partiellen Phase vorhanden. Mit der weiteren Zunahme des Bedeckungsgrades der Sonne begann diese Bewölkung sich nach und nach aufzulösen. Die relativ schnelle Bewegung dieser Wolken ließ ebenfalls nach. Im Norden, Osten und Südwesten verharrten einzelne Wolkenbänke, während der gesamte Nordwest-Himmel wolkenfrei blieb. Wahrscheinlich ist die Auflösung der Bewölkung durch das relativ starke Zurückgehen der Temperatur bedingt gewesen. Von diesem Zeitpunkt an — die Sonne hatte bereits starke Sichelgestalt — waren bis zum Ende der Finsternis am Westhimmel keinerlei Wolken. Die Totalität konnte deshalb ungestört beobachtet werden.

Das Programm, welches sich unsere Beobachtungsgruppe gestellt hatte, war bescheiden. Es ging im wesentlichen darum, Anschauungsmaterial zu gewinnen. Das „Hauptinstrument“ bestand aus einem Teleobjektiv von 50 cm Brennweite und einer dahinter gesetzten Kleinbildkamera vom Typ Exakta Varex. Dieses Instrument ließ sich bis auf ein Öffnungsverhältnis von 1 : 56 abblenden. Als Filmmaterial wurde ORWO-schwarz-weiß-Film mit der Empfindlichkeit von 27 DIN verwendet. In der partiellen Phase sind Aufnahmen mit jeweils 5 Minuten Zeitabstand (Belichtungszeit eine 1000stel Sekunde) gemacht worden. Obgleich in Berlin ausgeführte Experimente mit dieser Apparatur und den angegebenen Belichtungsdaten als richtig erschienen, sind die hier in Sibirien gewonnenen Bilder der partiellen Phase überbelichtet. Bei der Planung dieser fotografischen Aufnahmen wurde sehr wahrscheinlich der Dunst der Großstadt nicht berücksichtigt. Durch extra harte Kopie der vorhandenen Negative lassen sich allerdings auch hiervon brauchbare Bilder erzielen. Kurz vor Beginn der Totalität wurde die Belichtungszeit auf 1 Sekunde verändert. Die hier gewonnenen Bilder, das erste Bild wurde 60 Sekunden vor Beginn der Totalität gemacht, zeigen bereits am Westrand der Sonne die Protuberanzen sowie die innere Korona. Beim visuellen Betrachten der

Sonne waren an ihrem Westrand die innere Korona sowie die beiden Protuberanzen bereits 75 Sekunden vor Beginn der Totalität zu erkennen. Während der Totalität gelang es, mit der beschriebenen Apparatur 4 Aufnahmen zu machen, wobei bei jeder Aufnahme die Blende stetig bis zu ihrem Maximalwert von 1 : 5,6 vergrößert wurde. Es zeigte sich allerdings, daß bei der letzten Aufnahme, bei der am Westrand bereits während der Belichtung die Chromosphäre auftauchte, die Himmels-helligkeit so groß geworden war, daß die äußere Korona bereits darin unterging. Nach der Totalität sind eine Reihe weiterer Aufnahmen gemacht worden.

Als weitere Aufgabenstellung war vorgesehen, mit einem Fotoapparat vom Typ Pentacon-Six Farbumkehrbilder durch ein Teleobjektiv mit 180 mm Brennweite zu gewinnen. Während die oben genannte Kamera auf in die Erde geschlagenen Holzplöcken ruhte, war bei diesem Instrument versucht worden, mit einem Stativ zu arbeiten. Auch hier sollte durch Variation der Blende eine Abstufung erreicht werden. Leider zeigte dieses Stativ technische Mängel, wodurch (bei einer Belichtungszeit von einer Sekunde) nur die ersten beiden Aufnahmen, die 10 und 3 Sekunden vor Beginn der Totalität gemacht worden sind, brauchbar erscheinen.

Die Studentin aus Moskau bediente die mitgeführte 8-mm-Schmalfilmkamera. Es gelang ihr, während der Totalität für 30 Sekunden einwandfreie Filmbilder zu erhalten. Ein Versuch, die möglicherweise nach der Totalität (natürlich auch vorher) auftretenden „fliegenden Schatten“ zu filmen, schlug fehl, da die Filmempfindlichkeit (22 DIN) nicht ausreichte. Obgleich danach (Ende der Totalität) bereits mehr als 40 Sekunden vergangen waren, versuchte sie noch einmal, die Sonne zu filmen. Auf diesen Aufnahmen ist sogar noch am Ostrand der Sonne die innere Korona deutlich zu erkennen.

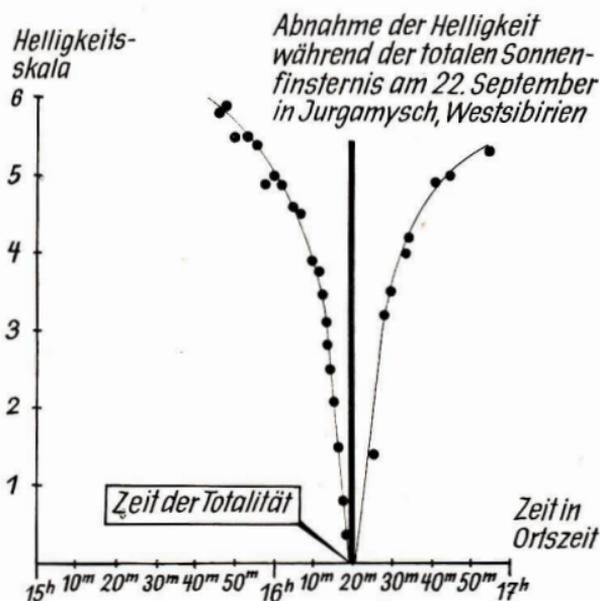


Abb. 1

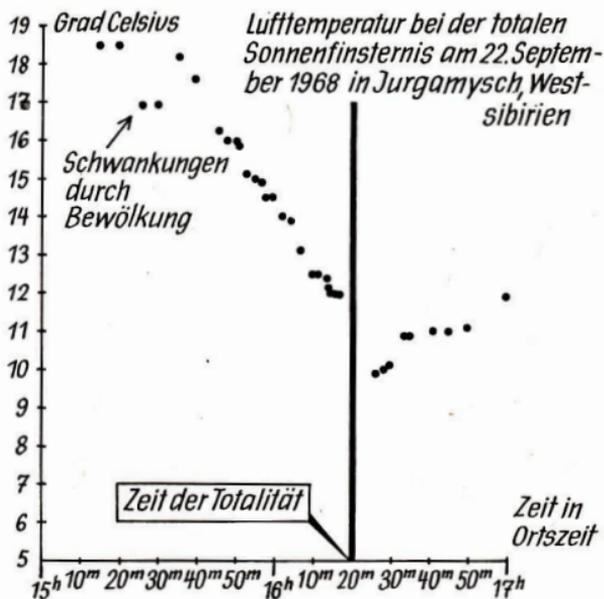


Abb. 2

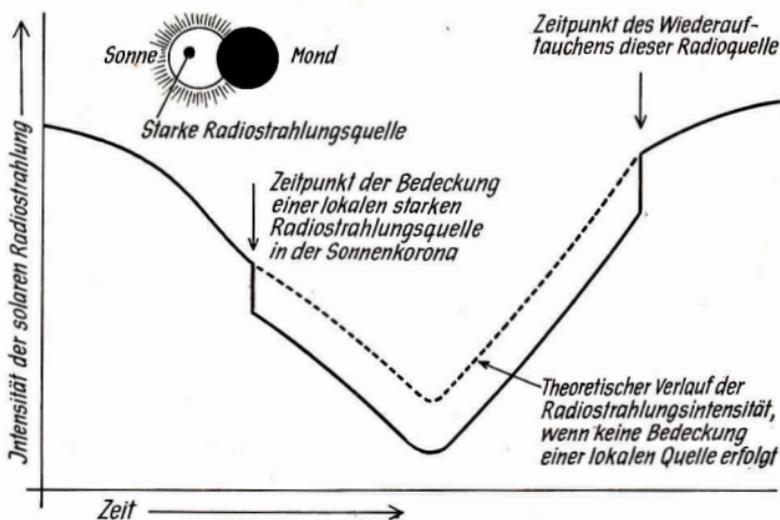


Abb. 3

Mit Hilfe eines Belichtungsmessers wurde versucht, die Helligkeitsänderungen während der partiellen Phase zu bestimmen. Die erhaltenen Meßwerte sind in Abb. 1 wiedergegeben. Während der totalen Phase konnten diese Messungen, bedingt dadurch, daß alle drei Teilnehmer an anderen Instrumenten arbeiteten, nicht ausgeführt werden. Die hier dargestellte Kurve zeigt am Anfang der partiellen Phase sehr deutlich starke Schwankungen der einzelnen Meßwerte. Diese sind auf die unterschiedliche Bewölkung zurückzuführen. Etwa ab 16<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Ortszeit (von diesem Zeitpunkt an war der Westhimmel völlig wolkenfrei) ist der Abfall dieser Kurve absolut stetig. Daß nach Ende der Totalität der Anstieg der Helligkeitskurve nicht in gleicher Weise erfolgte wie beim Abfall, ist darauf zurückzuführen, daß die Sonne sich dem Untergang näherte.

Neben den Helligkeitsmessungen sind in gleicher Weise Messungen der Lufttemperatur ausgeführt worden. Das benutzte Thermometer war – wie vorher ausgeführte Experimente zeigten – außerordentlich empfindlich. Innerhalb von weniger als 5 Sekunden reagierte es auf Temperaturänderungen. Um real Lufttemperaturänderungen zu messen, war dieses Thermometer im Schatten aufgehängt. Die Temperaturkurve zeigt ebenfalls wieder einen eindeutigen Verlauf. Die Maximaltemperatur kurz nach Beginn des ersten Kontaktes, zeigte 18,5 Grad Celsius. Infolge der wechselhaften Bewölkung gibt es anfangs relativ starke Schwankungen. In Abb. 2 ist ebenfalls deutlich zu erkennen, daß in der Zeit um die Totalität keine Temperaturmessungen ausgeführt werden konnten. Trotzdem wird der Temperaturabfall um rund 10 Grad aus den hier gezeigten Meßwerten deutlich. Stärker als bei der Helligkeit ist hier zu erkennen, daß der Sonnenuntergang bevorstand.

Zum vorläufigen Ergebnis der Auswertung der erhaltenen Bilder während der Totalität, sei folgendes gesagt.

Die Sonnenkorona zeigte absoluten Maximumcharakter, d. h. radiale Strahlen sind rings um die Sonne erkennbar. Der Verfasser hatte die Möglichkeit, am 15. Februar 1961 bereits eine totale Sonnenfinsternis auf der Insel Brac in Jugoslawien zu beobachten. Zu diesem Zeitpunkt waren etwa 3 Jahre nach dem Maximum vergangen. Der Charakter der Korona war damals bezüglich der Nord- und Südhalbkugel geteilt. Auf der Nordhalbkugel war bereits Minimumcharakter zu erkennen, d. h. also, es traten relativ kurze polare Strahlen auf, während in heliographischen Breiten kleiner als 60 Grad nördlicher Breiten, die typischen nach außen gekrümmten, relativ langen Koronastrahlen zu erkennen waren. Die Südhalbkugel der Sonne allerdings zeigte noch Maximumscharakter mit radialen Strahlen. Bei dieser Finsternis, die rein zeitlich in das Maximum der Sonnenaktivität fiel (aus Fleckenbeobachtungen, die an unserer Station ausgeführt worden sind, geht hervor, daß dieses Maximum im Jahre 1968 speziell im zweiten Halbjahr nicht besonders hoch ist), traten praktisch nur radiale Strahlen auf. Weiteren Untersuchungen, die an unserer Station ausgeführt werden sollen, bleibt es vorbehalten, Zusammenhänge zwischen einzelnen Koronastrahlen und Protuberanzen festzustellen. Nach den bisherigen Erkenntnissen treten einzelne Koronastrahlen (die wir auf unseren Aufnahmen bis in einen Abstand von einem Sonnendurchmesser nachweisen können) meist im Zusammenhang mit Protuberanzen auf. Einer späteren Veröffentlichung bleibt es vorbehalten, unsere diesbezüglichen Untersuchungen darzustellen.

Aus der bisherigen vorläufigen Auswertung des Beobachtungsmaterials können wir noch keine Unterscheidungen zwischen Protuberanzen und Spicules der Chromosphäre treffen.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die „fliegenden Schatten“ gerichtet. Bei der Finsternis von 1961 waren diese Erscheinungen sowohl vor Beginn der Totalität

als auch am Ende der Totalität außerordentlich stark ausgeprägt. Bei dieser Finsternis konnten keinerlei fliegende Schatten bemerkt werden. Spätere Diskussionen mit anderen Expeditionsteilnehmern bestätigten diese Beobachtung.

Das Zustandekommen der fliegenden Schatten wird im wesentlichen durch Szintillationserscheinungen der Atmosphäre erklärt. Treffen Strahlen von nahezu punktförmigen Lichtquellen, in diesem Fall von der äußerst schmalen Sonnenscheibe, auf ihrem Weg durch die Atmosphäre auf sogenannte Luftschlierenpakete, die andere Dichte haben als die Umgebung und damit einen veränderten Brechungsindex, so muß es auf dem Erdboden einmal zur Zusammendrängung von Lichtstrahlen und zum anderen zur Auffächerung dieser Lichtstrahlen führen. Es entstehen also hellere und dunklere Gebiete auf der Erdoberfläche. Durch Höhenwinde bedingt, bewegen sich diese Luftschlierenpakete, wodurch es zu einer Wanderung der hellen und dunklen Streifen am Erdboden kommt. Soviel zur theoretischen Erklärung der fliegenden Schatten.

Die Beobachtung der Sonne in der partiellen Phase zeigte, daß hier in Sibirien zu dieser Tageszeit eine außerordentlich ruhige Luft herrschte. Es konnte nicht die geringste Spur einer Szintillation auch bei relativ starker Vergrößerung festgestellt werden. Diese extreme ruhige Luft könnte als Erklärung für das Ausbleiben der fliegenden Schatten bei dieser Finsternis dienen.

Gleichzeitig wurde auch der Wind in der partiellen Phase, während der Totalität und danach, registriert. Von wechselhaften Winden in der Zeit zwischen dem ersten und zweiten Kontakt abgesehen, gab es bei dieser Finsternis – wieder im Gegensatz zu der jugoslawischen Finsternis 1961 – keinen ausgesprochenen „Finsterniswind“. Zur Totalität und auch danach war es absolut windstill.

Im folgenden sei kurz über die anderen dort anwesenden Expeditionsgruppen und deren wissenschaftliche Aufgabenstellung berichtet.

Aus der DDR war Herr Kockel (Schulsternwarte Halle-Kanena) mit seiner Frau privat zur Beobachtung der Finsternis nach Sibirien gereist und hatte mit einem Zeiss-Kometensucher von 110 mm Öffnung Aufnahmen der Sonne gemacht. Naturgemäß war die Zahl der Expeditionsgruppen, die aus der Sowjetunion zur Beobachtung dieser Finsternis angereist waren, am größten. Sie kamen von folgenden Institutionen: dem Moskauer Institut für Erdmagnetismus, Ionosphäre und Wellenausbreitung der Akademie der Wissenschaften; der Universität von Kiew, hier von der Abteilung Physik; der Swerdlowsker Universität; dem Abastumani-Observatorium aus Tbilissi (Grusinische SSR), vom Lehrstuhl für Radiophysik der Leningrader Universität, sowie von der Astronomisch-Geodätischen Abteilung der Universität Rjasan.

Die wohl interessantesten Untersuchungen wurden von der unter der Leitung von Prof. Dr. Andrej Pawlowitsch Moltschanow stehenden Gruppe aus Leningrad ausgeführt. Zwei Radioteleskope waren auf parallaktischen Montierungen aufgestellt worden und dienten der Messung der solaren Radiostrahlung bei 3 cm und 10 cm Wellenlänge. Die Aufgabenstellung bestand darin, lokale Radioquellen aufzufinden. In Abb. 3 ist schematisch das Verfahren wiedergegeben. Bedeckt der Mond während der Finsternis eine diskrete Radioquelle in der Sonnenkorona, so muß die Registrierkurve einen steilen Abfall zeigen. Wird diese Quelle wieder freigegeben, so muß ein gleich starker Anstieg in der Registrierkurve festzustellen sein. Zum anderen ging es dieser Expeditionsgruppe darum, den Radiostrahlungsdurchmesser der Sonne zu bestimmen. Bei ruhiger Sonne beträgt dieser in den genannten Wellenlängen 1,03 des visuellen Durchmessers. Bei aktiver Sonne betrug er nach den bisher erstmalig 1958 ausgeführten Messungen 1,01. Bei dieser Finsternis, die wiederum mit einem Sonnenaktivitätsmaximum zusammen fiel, sollten

diese Messungen bestätigt werden. Interessant ist, daß mit dem Moskauer 22-m- Radio-Teleskop simultan das gleiche Programm ausgeführt worden ist.

Die anderen sowjetischen Expeditionsgruppen hatten zum Teil relativ große Instrumente mitgeführt. Die Swerdlowsker Universität benutzte als Hauptinstrument einen Refraktor von 15 cm Öffnung und 2 m Brennweite, an dem zwei weitere Kameras mit 50 bzw. 60 cm Brennweite montiert waren. Für spektralphotometrische Untersuchungen waren Heliostaten aufgebaut, die Kiewer Universität benutzte ein Horizontalteleskop von 15 mm Brennweite, Aufnahmen des Flash-Spektrums wurden gemacht, und eine sowjetische Gruppe war mit einem Flugzeug mit kleineren Kameras unterwegs, um die Finsternis zu fotografieren.

Erwähnt sei noch als Besonderheit die unter Leitung von Mr. A. W. Peterson stehende Expeditionsgruppe der Universität von Albuquerque, Neu-Mexiko, die nach dem Scanning-Verfahren mit vier Bogenminuten Bandbreite eine Photometrie der Sonnenkorona in drei verschiedenen Infrarotstrahlungsbereichen bis zu vier Sonnenradien Abstand ausführte. Eine Expeditionsgruppe der Adelphie-Universität, Garden City, N. York, machte den Versuch, mit zwei großen Luftbildkameras von 25 cm Öffnung und 1,20 m Brennweite, die ein Gesichtsfeld von 9 Grad hatten, schwache Kometen in Sonnennähe zu entdecken.

## **Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie**

### **Seminar „Himmelsfotografie“ in Hartha**

Für die meisten recht überraschend und sehr kurzfristig hatte der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes die Freunde der Himmelsfotografie zu einem Seminar in die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte nach Hartha im Kreis Döbeln eingeladen. Vom 4.–8. Oktober 1968 fanden sich 27 Teilnehmer in der kleinen, gastlichen Stadt ein und erlebten trotz der herbstlich unfreundlichen Witterung schöne Stunden gemeinsamer Arbeit und regen Erfahrungsaustausches.

Nach einer kurzen Begrüßung durch Bundesfreund Hockauf, Berlin, sprach Bfr. Dr. Lindner, Leipzig, über die Bedeutung der Astronomie für das wissenschaftliche Weltbild und stellte dabei die Arbeit des Amateurs als Einzelnen und im Kollektiv der Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen besonders heraus. So wie in der gesamten wissenschaftlichen Arbeit in zunehmendem Maße das Kollektiv der Träger der wissenschaftlichen Leistung ist, so wirkt auch in unserer Liebhabertätigkeit der Einzelne nur selten aus seinem persönlichen Bereich in seine Umwelt hinaus. Die Fachgruppe als Kollektiv aber hat diese Auswirkung in jedem Fall, und sie wird dadurch zu einem wesentlichen Kulturfaktor. Die Möglichkeit, im Kollektiv die Aufgaben zu verteilen, sichert nicht nur eine organisierte, planvolle Arbeit, sondern vorwiegend die Homogenität, die ein wesentlicher Bestandteil jeder fruchtbringenden Leistung ist. Die Fachgruppen vollziehen dabei immer mehr die Eingliederung in die große Zielstellung des Deutschen Kulturbundes.

Nach diesem einleitenden Vortrag sollten die theoretischen Grundlagen der Himmelsfotografie behandelt werden, doch ist leider der Vortragende ohne Angabe von Gründen nicht erschienen. Es war dies eigentlich der einzige Mißklang während des ganzen Seminars. Erfahrene Bundesfreunde sprangen in einem Rundtischgespräch mit ihren eigenen Kenntnissen ein, und so wurde diese Klippe recht gut umschifft.

Der zweite Tag war fast gänzlich Bfr. Diplomastronom Bartl, Tautenburg, vorbehalten. In seiner bekannten, gründlichen Art berichtete er über die theoretischen und praktischen Voraussetzungen für eine zielgerichtete Himmelsfotografie und von den Emulsionen bis zur Theorie des Lichts, von der Spektroskopie bis zur Himmelsüberwachung wurden fast alle Probleme erörtert. Hatte es auch zunächst den Anschein, als würden diese grundlegenden Ausführungen mit ihren vielen Forderungen für die recht zahlreich erschienenen jugendlichen Sternfreunde wie ein unbezwingbarer Wall vor den eigenen Möglichkeiten stehen, so erkannten sie doch bei den Ausführungen immer mehr, daß hier der erfahrene Praktiker sprach. Es war nicht die Unmöglichkeit, die er in seinen Ausführungen aufzeigte, sondern es waren die weitgesteckten Grenzen, die auch der Liebhaber, allerdings unter Mühe und Arbeit, erreichen kann. Und daß diese Grenze erreicht wird, haben doch einige Amateure bewiesen, von deren Können vorgelegte Aufnahmen ein beredtes Zeugnis ablegten.

Die folgenden Themen widmeten sich nun speziellen Aufgabenbereichen der Himmelsfotografie. Bfr. Busch, der lebenswürdige Gastgeber und Hausherr der Sternwarte, sprach über Sternfeldaufnahmen und berichtete aus dem reichen Erfahrungsschatz und aus der täglichen Arbeit der Sternwarte in Hartha. Bfr. Ingenieur Blasberg, Dresden, behandelte die Möglichkeiten und die Grenzen der Sonnen- und Mondaufnahmen, und am Nachmittag des Sonntags, als das Wetter sich doch etwas zu bessern begann, erzählte Bfr. Busch von den Mühen und Sorgen beim Entstehen der Sternwarte Hartha.

Am Montag sprach Bfr. Dr. Ahnert, Sternwarte Sonneberg, über die Fotografie der Planeten und über die Sternaufnahmen mit kleinen Kameras. Hatte Bfr. Bartl mit seinen theoretischen Ausführungen deutlich gemacht, was der Amateur wissen muß, um die ihm gebotenen Möglichkeiten voll ausschöpfen zu können, so zeigte Bfr. Dr. Ahnert, bis zu welcher glänzenden Erfolge die Himmelsfotografie mit recht einfachen Mitteln gebracht werden kann, wenn die Instrumente in der Hand eines Könners liegen. Er bewies aber auch, daß Lust und Liebe zu unserer schönen Wissenschaft die Grenze des Erreichbaren sehr weit stecken können.

Den letzten Vortrag des Seminars bestritt Bfr. Berth, Schulsternwarte Rodewisch, der über Satellitenaufnahmen berichtete. Hier wurden bereits die instrumentellen Möglichkeiten des einzelnen weit überschritten, und das Gebiet selbst ist bereits von der eigentlichen Astronomie abgetrennt. Umso interessanter war es, aus be-

**Pausendiskussion  
im Seminar  
„Himmelsfoto-  
grafie“.  
Im Vordergrund  
(Mitte) Bfr. Dr.  
Paul Ahnert und  
seine Gattin.**



rufenem Munde von vielen wissenswerten Problemen zu hören, und es war für viele ein Gewinn, die sonst nur die leuchtende Spur der künstlichen Satelliten am nächtlichen Himmel sehen.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß niemand die Teilnahme an diesem Seminar bedauert hat. Nicht nur wurde das Wissen der Teilnehmer in diesen Tagen vermehrt; alte Freundschaften wurden aufgefrischt und neue geschlossen. Die Gelegenheiten zum Erfahrungsaustausch waren reichlich vorhanden, und wenn auch das Wetter einen dicken Strich durch die praktischen Übungen machte, ein Abend wurde doch auf der Sternwarte verbracht, und an den übrigen waren gesprächsreiche Spaziergänge durch die nächtlichen Straßen der kleinen Stadt für alle ein Gewinn. Herzlicher Dank gebührt dem Gastgeber, Bundesfreund Busch, für die gute Organisation. Zusammen mit seinen Mitarbeitern hat er fast alle Wünsche erfüllen helfen, die von den Teilnehmern an ihn herangetragen wurden, und als der Morgen des Abschiedstages heraufkam, nahmen wohl alle Teilnehmer neben dem neuen Wissen auch schöne Erinnerungen mit in ihre Heimatorte.

Für die Freunde der Statistik sei noch bemerkt, daß die Zusammensetzung wie folgt aussah: 9 Lehrer, 5 Schüler, 2 Lehrlinge, 4 Angestellte, 2 Angehörige der Intelligenz, 2 Handwerker, 3 Arbeiter.

Der Altersunterschied der Teilnehmer war sehr groß: Bis 18 Jahre: 6; bis 25 Jahre: 3; bis 40 Jahre: 5; bis 50 Jahre 8; und über 50 Jahre: 5 Teilnehmer.

Es war die einhellige Meinung aller Anwesenden, daß der Abstand zwischen den Seminaren in Oybin und Hartha zu lang war und daß der Zentrale Fachauschuß recht bald ein neues Seminar mit einem Spezialthema ausschreiben sollte.

MR Dr. KARL SIGMUND

## Aus der Literatur

### Mond und Erde

Eine interessante Hypothese, die vor einigen Jahren von H. Gerstenkorn aufgestellt worden war, versucht, eine Erklärung dafür zu geben, wie der Erdmond zum Trabanten unseres Planeten geworden ist. Danach soll der Erdmond ursprünglich ein selbständiger Planet gewesen sein. Nach Gerstenkorns Ansicht bewegte er sich auf einer Bahn um die Sonne, die der Erdbahn sehr nahe kam, allerdings in entgegengesetzter Richtung. Das Gravitationsfeld der Erde reichte bei diesem relativ geringen Abstand aus, um ihn „einzufangen“, und er bewegte sich anfänglich auf einer stark elliptischen Bahn um die Erde. Durch Gezeitenwechselwirkung mit der Erde veränderte sich die Umlaufbahn immer mehr so, daß sie der Erdoberfläche näher kam. Schließlich führte dann irgendwann eine „dramatisch“ nahe Begegnung dazu, daß der Mond in die heutige Umlaufrichtung „herumgeworfen“ wurde. Dieses Ereignis müßte nach den Berechnungen Gerstenkorns vor etwa  $1,4 \cdot 10^9$  bis  $2,5 \cdot 10^9$  Jahren stattgefunden haben.

Die Kritik an dieser auf den ersten Blick faszinierenden Hypothese besteht vor allem in folgendem: Bei einer von der Theorie vorausgesetzten sehr nahen Begegnung beider Himmelskörper müßte die Gezeitenenergie sehr gewaltig gewesen sein und im Mantel der Erde einen umfassenden Schmelzprozeß riesigen Ausmaßes hervorgerufen haben. Ein geologischer Beweis für einen derartigen Prozeß konnte jedoch zu dem Zeitpunkt, als Gerstenkorn seine Theorie aufstellte, nicht erbracht werden.

Vor kurzem wiesen jedoch I. A. Cooper, Department of Physics and Geochemistry, Austral. Univ. Canberra, und F. D. Sacey, Phys. Department, Univ. of Queensland, Brisbane, darauf hin, daß man die Ergebnisse neuerer Untersuchungen über Bleisotope als Beweis dafür interpretieren könne, daß ein derartig riesiger Schmelzprozeß stattgefunden hat. Die Untersuchun-

gen an den Bleisotopen hatten nämlich ergeben, daß zu einer bestimmten Zeit nach der vor rd.  $4,5 \cdot 10^9$  Jahren erfolgten Bildung unseres Planeten das vulkanische Material des Erdmantels homogenisiert worden sein muß. Dieser Prozeß kann aber nur durch zumindest teilweise Schmelzen sowie Umwälzen des Materials erfolgt sein. Die Berechnungen Coopers und Saceys ergaben nun interessanterweise, daß dieser Homogenisierungsprozeß vermutlich vor etwa  $2,5 \cdot 10^9$  Jahren stattgefunden hat. Das bedeutet nichts anderes, als daß diese beiden Ereignisse identisch sein können. Coopers und Saceys Untersuchungen stellen damit ein wichtiges Indiz für die bemerkenswerte Hypothese Gerstenkorns dar.

Nach „Wissenschaft und Fortschritt“, 10/1968, und „Physikalische Blätter“, 5/1968.

## ICARUS blieb lichtschwaches Objekt

Viele Fernrohre mögen sich im Juni 1968 während des Vorüberganges des Planetoiden (1566) Icarus nach dem Himmel gerichtet haben (Astronomie und Raumfahrt 2, 33, 1968). Doch Icarus blieb verhältnismäßig lichtschwach (Größe etwa 13m) und konnte dadurch nur schwer unter den anderen Sternen identifiziert werden. Auch die Fotografie des Objektes gelang nur mit großen Instrumenten bzw. mit besonderen Aufnahmeverfahren. Selbst Instrumente wie beispielsweise der 720-mm-Bruce-Reflektor in Heidelberg versagten. In der DDR gelangen nur auf den Sternwarten in Tautenburg (2-m-Spiegelteleskop) und Pulsnitz (250-mm-Astro-Vierlinser) Aufnahmen von Icarus. In Heidelberg konnte der Planetoid mit dem großen 400-mm-Astrographen fotografiert werden, desgleichen in Hamburg-Bergedorf mit einem Schmidt-Spiegel. Auch zwei Amateure fanden Icarus auf. O. Nögel in Landshut und A. Keil in Augsburg. Skalná Pleso in der CSSR, Uccle in Belgien sowie Bordeaux und Nizza in Frankreich waren ebenfalls erfolgreich. Die meisten Berichte kommen aus Amerika. Hier konnten nicht weniger als 13 Sternwarten Icarus beobachten, und zwar entweder mit großen Radareinrichtungen oder fotografisch mit Spiegelteleskopen. Ferner waren in Amerika an sieben Stellen Amateure bei der Auffindung von Icarus erfolgreich, sie beobachteten meist visuell mit größeren Spiegelteleskopen. Schließlich kamen auch noch von zwei Sternwarten in Australien Erfolgsmeldungen.

J. CLASSEN

## Erstaunliche Beobachtungen der Astronomen

### Über die Sonnenenergie

Die von der Sonne ausgestrahlte Energie ist gewaltig. Sie beträgt annähernd 100 000 kw je Quadratmeter der Sonnenoberfläche. Das ist ein ganzes Kraftwerk auf einer winzigen Fläche. Woher kommt diese kolossale Energie?

In unserem, dem Atomzeitalter, wurde folgende Hypothese aufgestellt: Die Quelle der Sonnenenergie ist die Kernfusion. Dabei wird, wie bei der Entstehung chemischer Verbindungen, zum Beispiel bei der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff, Energie frei. Das gleiche geschieht bei der Verschmelzung leichter Kerne. In den dreißiger Jahren wurde errechnet, daß die Sonne dank des in großer Menge vorhandenen Wasserstoffs, von dem jeweils vier Kerne zu einem Heliumkern verschmelzen, noch einige Milliarden Jahre genauso intensiv strahlen kann.

Die thermonukleare Natur der Sonnenenergie bleibt jedoch eine Hypothese, wenn auch eine begründete und sehr gut ausgearbeitete. Entscheidende experimentelle Beweise dafür, daß die Sonne ein gigantischer „thermonuklearer Kessel“ ist, gibt es nicht.

Diesen Beweis könnte uns die Erforschung der Sonneneutrinos, der neutralen Teilchen liefern, die, ebenso wie die Lichtquanten, über keine Ruhemasse verfügen. Sie leben nur in der Bewegung und sind im wahrsten Sinne des Wortes nicht zu fassen. Ein Neutrino kann in jeder festen Materie mehr als eine Million Milliarden Kilometer zurücklegen, ohne ein einziges Atom „zu streifen“. Wenn auf der Sonne wirklich Kernfusionen stattfinden, dann entstehen dabei unbedingt Ströme von Neutrinos. Aber obwohl nach theoretischen Berechnungen auf jeden Quadratzentimeter der Erdoberfläche etwa 60 Milliarden Neutrinos niederfallen, lassen sie sich ungewöhnlich schwer einfangen. Das ist nur mit Hilfe sehr großer Spezialdetektoren mit einem Volumen von Hunderten Kubikmetern möglich. In annähernd einer Stunde wird eine Wechselwirkung des Neutrinos mit der Materie, genauer gesagt mit einem Chlorisotop, registriert. Derartige Anlagen werden in tiefen Schichten untergebracht, damit keine zufälligen Reaktionen das Auffinden der Spuren des Neutrinos beeinträchtigen können. In den letzten zehn Jahren wird in der Sowjetunion und im Ausland der Vervollkommnung der Registrierungsmethoden von Neutrinos große Aufmerksamkeit geschenkt. In der UdSSR wird gegenwärtig ein spezielles Neutrino-Observatorium errichtet, unter dicken Gesteinsschichten, einem ganzen Berg.

## Die Neutrinoastronomie

Die Entwicklung der Neutrinoastronomie eröffnet überaus verlockende Perspektiven. Sie wird es uns ermöglichen, in das Innere des Weltalls und die Tiefe der Sterne zu blicken und zu erfahren, welche Art Kernfusionen dort stattfinden.

Kürzlich erhielten wir die interessante Mitteilung eines amerikanischen Wissenschaftlers. Bei der Messung des Stromes von Sonnenneutrinos hat er festgestellt, daß dieser geringer ist, als theoretisch angenommen wurde. Aus den Angaben dieses Wissenschaftlers muß man die Schlußfolgerung ziehen, daß die Temperatur in den zentralen Bereichen der Sonne 14 Millionen Grad nicht übersteigt, während angenommen wurde, daß dort 30 Millionen Grad herrschen. Weitere Forschungen werden zeigen, ob diese Angaben richtig sind. Sollte es sich erweisen, daß die Temperatur in der Tiefe der Sonne tatsächlich nur etwa 10 Millionen Grad beträgt, dann werden alle Hoffnungen der Astrophysiker gescheitert sein, denn es würde bedeuten, daß die Sonnenstrahlung nicht durch die Sternfusion gespeist wird. Und dann werden die Wissenschaftler wieder vor dem gleichen Rätsel stehen.

Gegenwärtig gehört die Frage nach den Energiequellen im Weltall zu den dringendsten. Sie wurde besonders aktuell, als die wohl sensationellsten Objekte des Weltalls, die sogenannten quasistellaren Radioquellen oder Quasare entdeckt wurden. In den Teleskopen sehen die Quasare wie kleine schwach leuchtende Sterne aus. In Wirklichkeit aber ist die spezifische Leuchtstärke jedes dieser kleinen Sterne größer als die der gesamten Galaxis, die aus hundert Milliarden Sternen besteht. Es ist einfach so, daß sich die Quasare in einer Entfernung von Milliarden Lichtjahren in dem von uns entferntesten im Teleskop gerade noch sichtbaren Teil des Weltalls befinden.

Erstaunlich ist, daß sich die Intensität der Helligkeit der Quasare im Verlaufe von Monaten und sogar Tagen verändert. Das bedeutet, daß die Quasare massive Objekte sind, nicht aber Sternhaufen, die aus einigen Milliarden Sternen bestehen, denn diese könnten nicht alle gleichzeitig szintillieren.

Was sind das für Objekte? Woher kommt die Energie für eine derart starke Strahlung? Die phantastischsten Hypothesen wurden aufgestellt. In letzter Zeit neigen die Astrophysiker zu der Auffassung, daß die Strahlung der Quasare durch die Gravitationsenergie gespeist wird. Wir haben uns an den Gedanken gewöhnt, die Kernenergie sei die stärkste. Aber im Weltall kann die Gravitationsenergie eine weitaus größere Rolle spielen.

Die Quasare, deren Masse Millionen und vielleicht sogar Milliarden mal größer ist als die der Sonne, müßten sich der Relativitätstheorie zufolge zusammenziehen und erlöschen. Aber sie leuchten! Und noch dazu ungewöhnlich stark! Nach einer von Akademiemitglied J. Seldowitsch entwickelten Hypothese läßt sich das Geheimnis so erklären: Die Quasare sind zusammengeschrunpft Übersterne, welche die sie passierende Strahlung und Materieteilchen anziehen. Diese Anziehungskraft ist ungewöhnlich stark, und sie beschleunigt einen zufällig vorbeifliegenden Meteor auf Geschwindigkeiten, die der Lichtgeschwindigkeit nahe kommen. Bei einem Zusammenstoß kann ungeheure Energie frei werden, die in Form von Radiostahlung und optischer Strahlung zu uns gelangt.

## Neue Himmelsuhren

Die Entdeckung neuer erstaunlicher Objekte des Weltalls, die sich nicht in die herkömmlichen Vorstellungen einfügen, ist ein gewaltiger Ansporn für die Entwicklung der Astronomie.

Die Quasare sind nicht die einzigen rätselhaften Objekte des Weltalls, die in letzter Zeit entdeckt wurden. Erst vor wenigen Monaten kam aus England die Nachricht von der Entdeckung pulsierender Sterne, den Pulsaren, die Himmelsuhren besonderer Art gleichen.

Bei dem ersten entdeckten Pulsar wurde alle 1,3 Sekunden ein Ausbruch von Radiostahlung verzeichnet. Zur Zeit kennt man schon mehrere. Einer von ihnen „blitzt“ alle 0,25 Sekunden auf. Das ist eine erstaunliche Erscheinung. In diesen Zeitabständen folgen Radiosignale aufeinander, deren Stärke alles übersteigt, was wir uns auf der Erde vorstellen können. Die Strahlungsleistung, d. h. die „Dauerstrichleistung“ des ersten Pulsars, der sich an der Grenze unserer Galaxis in einer Entfernung von annähernd 10 000 Lichtjahren von uns befindet, beträgt insgesamt nur ein Millionstel der gesamten Sonnenstrahlung. Nimmt man aber die Impulsleistung der Strahlung eines Pulsars (der Impuls dauert eine Tausendstel Sekunde), so ist diese um ein Mehrfaches stärker als die unserer Sonne.

Anfangs nahmen die Wissenschaftler an, diese Signale würden von einer außerirdischen Zivilisation ausgesandt. Aber es erwies sich, daß sie sich völlig monoton wiederholen und keine rationellen Informationen enthalten. Bis jetzt ist noch nicht klar, wie dieses Geheimnis des Himmels enträtselt werden kann. Es mangelt zwar nicht an Hypothesen, doch keine von ihnen erklärt bis jetzt die Gesamtheit der in den Pulsaren vor sich gehenden Erscheinungen.

Das hindert uns allerdings nicht daran, die Pulsare praktisch zu nutzen. Die exakte Aufeinanderfolge der Signale dieser „Funkfeuer“ des Weltalls übersteigt die Genauigkeit der herkömmlichen astronomischen Uhren und wird nur von den Atomuhren übertroffen. Die Periodizität der Signale wird bis auf eine zehnmillionstel Sekunde eingehalten. Vielleicht werden die Navigatoren der Weltraumschiffe künftig ihre Uhren nach den Pulsaren stellen.

### Die Venus-Atmosphäre

Der Flug der sowjetischen automatischen Station „Venus-4“ hat den Astronomen mehr gegeben, als die ganze vorausgegangene Erforschung der Venus. Das abgetrennte Landeteil der Station funkte 93 Minuten Signale aus der Atmosphäre des Planeten, über die vorher praktisch nichts Zuverlässiges bekannt war. Wir erhielten Angaben über die Temperatur, den Druck und die Dichte der „Venusluft“ in verschiedenen Höhen. Und – was das Wichtigste ist – es erfolgte eine Analyse der chemischen Zusammensetzung der rätselhaften Atmosphäre. Es stellte sich heraus, daß sie fast vollständig aus Kohlendioxid besteht.

Eine Analyse der Angaben über die Venusatmosphäre zeigt, daß die elektromagnetischen Wellen, darunter auch das Licht, einer sehr großen Brechung unterliegen. Ein Sonnenstrahl zum Beispiel kann wie ein Tennisball von der Oberfläche zu den unteren Schichten der Atmosphäre und zurück springen. Er kann sogar den ganzen Planeten umlaufen, obwohl er natürlich nicht in seiner ganzen Stärke reflektiert, sondern stark abgeschwächt wird. Ein Kosmonaut, der auf einer ganz ebenen Fläche steht, wird infolge dieser Erscheinung das Gefühl haben, diese Ebene sei konkav und er befinde sich auf dem Boden einer gigantischen Schale. Dank der starken Refraktion vollzieht sich ein intensiver Wärmeaustausch zwischen den verschiedenen Zonen des Planeten. Demzufolge gibt es auf der Venus an den Polen und am Äquator keine großen Temperaturunterschiede. Die fehlenden Temperaturunterschiede auf der Venusoberfläche müssen auch zum Fehlen von Winden, zumindest in den unteren Schichten der Venusatmosphäre, führen.

Der Flug von „Venus-4“ hat gezeigt, daß Temperatur und Druck in den unteren Schichten der Venusatmosphäre sehr hoch sind. Sie erreichen 270 Grad und 20 Atmosphären. Offensichtlich sind deshalb auf der Venus Formen des Lebens, wie sie sich auf der Erde entwickelt haben, nicht vorhanden.

### Der regenbogenfarbige Kosmos

Die Raketenastronomie ist noch sehr jung, aber sie hat uns bereits Entdeckungen von einmaligem Wert gebracht. Die Erdatmosphäre, die uns vor der kosmischen Strahlung schützt, ist gleichzeitig ein Hindernis für die wissenschaftliche Forschung. Sobald wir die Geräte über die Grenzen der Erdatmosphäre hinausführen, können wir ein vollständigeres Bild des Himmels gewinnen. Läßt doch die Atmosphäre nur das sichtbare Licht und einige Radiofrequenzen passieren. Die Gammastrahlen, ultraviolette und infraroten Strahlen sowie die Röntgenstrahlen dagegen treten in ihrer Urform nur im freien Kosmos auf. Hier erblicken wir anstelle eines grauen Bildes plötzlich das Panorama des Himmels, das in allen „Regenbogenfarben“ erstrahlt. Dabei enthält jede „Farbe“ neue Informationen über den Aufbau des Weltalls und die Prozesse, die sich dort abspielen.

### Das Rauschen

Mit der Entwicklung der kosmischen Technik hängt indirekt eine der erstaunlichsten Entdeckungen der letzten Zeit zusammen. Amerikanische Radiophysiker haben auf der Wellenlänge 7,3 Zentimeter Störungen in Form von Rauschen festgestellt, die durch nichts beseitigt werden konnten. Wie sich herausstellte, war es der Kosmos, der „rauschte“.

### Das Taufbecken des Weltalls

Jeder erhitzte Körper sendet elektromagnetische Wellen aus, auch der Mensch. Diese unsichtbaren Wärmestraahlen sind elektromagnetische Wellen. Wenn man also das Radioteleskop auf einen beliebigen Teil des Himmels richtet, fängt man elektromagnetische Wellen auf, die einer Wärmestrahlung von 3 Grad Kelvin entsprechen (Null Grad der absoluten Skala Kelvin entsprechen minus 273 Grad Celsius).

Diese Entdeckung hat bei den Astrophysikern großes Interesse hervorgerufen. Lange Zeit war man sich nicht im klaren darüber, in welchem „Taufbecken“ das Weltall geboren wurde, aus Eis oder aus Feuer. Nun haben die Vertreter der „Feuer-Theorie“ den Beweis erhalten, daß ihre Annahme richtig ist.

Wenn wir den Entwicklungsprozeß des Weltalls rückläufig betrachten, stellen wir fest, daß der in unseren Teleskopen sichtbare Teil des Weltalls vor annähernd 12 Milliarden Jahren ein Koagulat unirdischer Materie war. Ein glühendes Modell des Weltalls bestätigt, daß in der Anfangsetappe der Ausdehnung die Temperatur der Materie unglaublich hoch war. Dabei übertraf die Dichte der Strahlung die Dichte der Materieteilchen um das Milliardenfache.

Im einzelnen kann man aus diesem Modell schlußfolgern, daß in den früheren Entwicklungsstadien des Weltalls Materie und Antimaterie gleichberechtigt waren. Daß unsere Welt aus herkömmlicher Materie besteht, ist ein Zufall.

### Antiteilchen und Maximone

Was ist Antimaterie? In ihren Atomen sind alle Teilchen durch Antiteilchen ersetzt, das heißt, sie weisen entgegengesetzte Merkmale auf. Bei einer Vereinigung von Teilchen und

Antiteilchen werden sie gleichsam vernichtet oder, um in der Sprache der Physik zu sprechen, zerstrahlt, indem sie sich in Neutrinos oder Quanten der elektromagnetischen Strahlung verwandeln. Nur ein halbes Gramm Antimaterie würde bei der Vereinigung mit Materie soviel Energie ergeben, wie die Explosion der Atombombe über Hiroshima. Ob „Antigalaxien“ oder gar „Antisternen“ in unserer Galaxis existieren, wissen wir nicht. Vielleicht sind zum Beispiel der berühmte Andromedanebel oder der helle Stern, die Wega, Antiwelten? Wie unsinnig dieser Gedanke auch scheinen mag, wir können ihn vorläufig nicht als pseudowissenschaftlich ablehnen.

Die moderne Astrophysik verfügt über eine reiche Auswahl an Mitteln, um die Schlußfolgerung der Theorie experimentell zu beweisen und exakte Kenntnisse zu vermitteln. Wir müssen uns an den Gedanken gewöhnen, daß diese Kenntnisse stark von den herkömmlichen, festeingefahrenen Vorstellungen abweichen werden.

Eine interessante, aber noch nicht gründlich erarbeitete Annahme wird gegenwärtig diskutiert. Akademienmitglied W. A. Markow hat die Existenz sehr schwerer Teile vorausgesagt, die im Frühstadium der Evolution des Weltalls vorhanden waren. Er nannte sie Maximone – Teilchen von maximaler Masse. Jetzt denken Sie an die Sterne, die fast zu einem Punkt zusammengeschrumpft sind. Einige Wissenschaftler versuchen zu zeigen, daß sie ein und dasselbe, d. h. Stern und Teilchen, seien! Das paßt nicht in unsere Vorstellung hinein. Eine solche Möglichkeit wird diskutiert. Ich selbst glaube, daß die Forschung in dieser Richtung nicht fruchtlos bleiben wird.

Akademienmitglied B. Konstantinow in „Iswestija“ vom 5. September 1968, auszugsweise nach „Presse der SU“, Nr. 115/1968.

## Bewegungsgesetze von Sternansammlungen ermittelt

Die Bewegungsgesetze von fünf in der Galaxis verstreuten Sternansammlungen, von denen jede mehr als hundert leuchtende Himmelskörper enthält, sind von dem grusinischen Astrophysiker Roman Dsigwaschwill ermittelt worden. Die Galaxis mit ihren Milliarden Sternen weist nur etwa 600 Sternansammlungen auf. Die Erforschung ihrer Dynamik ist von größter Bedeutung für die Geschichte ihrer Entstehung und Entwicklung. Bisher wurden Sternansammlungen nach einem durchschnittlichen Modell betrachtet, das keine präzise Vorstellung von der Dynamik der einzelnen Sternsysteme vermittelte.

Dsigwaschwill untersuchte Ansammlungen von Sternen, die 400 bis 900 Parsek von der Sonne entfernt sind. Er stellte fest, daß Sterne in der Nähe der Rotationszentren der untersuchten Systeme sich wie feste Körper fortbewegen, diese Fähigkeit jedoch mit der Fortbewegung zu den Grenzen der Ansammlungen einbüßen. Daraus sei zu schließen, daß die Anziehungskräfte der Galaxis nur die peripheren Sterne des Systems beeinflussen. PdSU, 117/68

## Theorie des heißen Weltalls

Eine internationale Konferenz über Gravitation und Relativitätstheorie tagte im September in der grusinischen Hauptstadt Tbilissi. Wissenschaftler aus 26 Ländern berieten über aktuelle Probleme der Gravitation, der Kosmologie, der relativistischen Astrophysik und über Möglichkeiten gemeinsamer Forschungen.

Sowjetische Fachleute steuerten mehr als 80 Vorträge zu den verschiedenen Problemen bei. Ein von Kasaner Fachleuten vorgeschlagenes Verfahren der mathematischen Klassifikation der Gravitationsfelder fand die ungeteilte Aufmerksamkeit der Konferenzteilnehmer. Mit Hilfe dieses Verfahrens können Möglichkeiten für das Entstehen einer Gravitationsstrahlung ermittelt werden.

Akademienmitglied Jakow Seldowitsch und Wladimir Ginsburg entwickelten eine Theorie des heißen Weltalls, nach der es zu Beginn seiner Ausdehnung eine sehr hohe Temperatur gehabt haben muß. Überreste dieser Wärme sind ihrer Meinung nach auch heute als kosmische Wärmestrahlung von drei Grad Kelvin (minus 270 Grad Celsius) zu beobachten). PdSU, 117/68

## Programm der Satellitenbeobachtung

Eine Konferenz, die sich mit Forschungsproblemen auf dem Gebiet der künstlichen Erdrabanten befaßt, fand Ende September in Kischinjaw, der Hauptstadt der Moldauischen SSR, statt. Zu den Vorarbeiten zählte die Anfertigung von 10 000 fotometrischen Aufnahmen sowjetischer und amerikanischer Erdsatelliten, die von besonderen Beobachtungsstationen gemacht

Fortsetzung 3. Umschlagseite

## Amateure beobachten und berichten

### Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. Vierteljahr 1968

Refraktor: 50 mm $R_m$ = Monatsmittelwert Monat	Vergrößerung: 30fach n = Anzahl der Beobachtungen	
	$R_m$	n
Juli	56,0	21
August	68,4	16
September	77,9	9
3. Vierteljahr	67,4	46

Die Sonnenfleckentätigkeit im 3. Vierteljahr erreichte Höhepunkte am: 10.–15. 7., 12.–23. 8., 9.–11. 9. und 27. 9. An diesen Tagen überstieg die Relativzahl 6 mal Werte über 100. Die Häufigkeit der Fackelgebiete nahm im August und September zu.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

## Bilder der totalen Sonnenfinsternis am 22. September 1968

KARL-HEINZ NEUMANN

Die Abbildungen wurden aufgenommen von einer kleinen Expeditionsgruppe der Satellitenbeobachtungsstation der Deutschen Astronautischen Gesellschaft und der Redaktion „Junge Welt“.

Die Expeditionsgruppe befand sich nahe dem Ort Jurgamysch in Westsibirien. Der Beobachtungsplatz hat etwa die folgenden Koordinaten:

64° 40,5<sup>m</sup> östliche Länge,  
55° 16,4<sup>m</sup> nördliche Breite.

(Die Koordinaten wurden nach einem Atlas bestimmt.)

Als Kamera wurde eine Exakta Varex mit einem Teleobjektiv 8 500 benutzt, Filmmaterial: ORWO 27 DIN.

Die Abbildungen 1 und 2 sind in der partiellen Phase gemacht, Abbildung 1 um 15<sup>h</sup>30<sup>m</sup>00<sup>s</sup>, also 20 Minuten nach dem ersten Kontakt. Abbildung 2 um 16<sup>h</sup>10<sup>m</sup>00<sup>s</sup>. Alle Zeitangaben in Ortszeit. Ortszeit = Weltzeit – 5<sup>h</sup>.

Abbildung 3 wurde 15 Sekunden vor dem zweiten Kontakt gemacht. Die Korona war zu diesem Zeitpunkt schon deutlich am Westrand der Sonne zu erkennen. Im Bild sieht man am Nordwestrand eine sehr langgestreckte Protuberanz von etwa 400 000 km Ausdehnung. Am Südwestrand erkennt man eine kleinere Protuberanz.

Abbildung 4 wurde 6 Sekunden vor dem zweiten Kontakt gemacht. Die Korona tritt schon deutlicher hervor; die beiden Protuberanzen sind hier noch zu erkennen.

Abbildung 5 erfolgte 2 Sekunden vor dem zweiten Kontakt. Die Korona tritt sehr deutlich hervor. Belichtet wurden die Aufnahmen 3 bis 5 je 1 Sekunde bei einem Öffnungsverhältnis von 1 : 46.

Abbildung 6, das erste Bild in der Totalität, wurde mit einem Öffnungsverhältnis von 1 : 46, Abbildung 7 mit 1 : 32 und Abbildung 8 mit 1 : 16 gemacht.



▲ Abb. 1

Sonnenfinsternis 22. September 1968

Abb. 2 ▼





▲ Abb. 3

Sonnenfinsternis 22. September 1968

Abb. 4 ▼



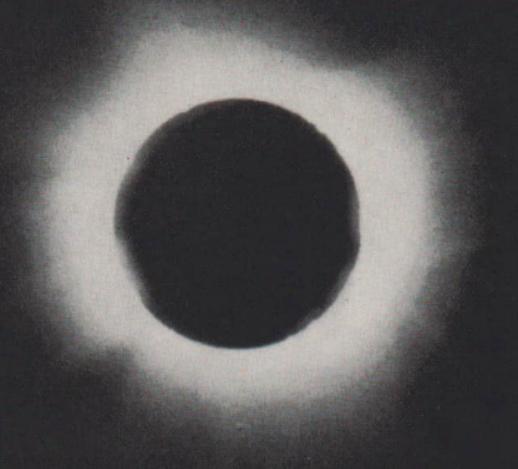


▲ Abb. 5

Sonnenfinsternis 22. September 1968

Abb. 6 ▼

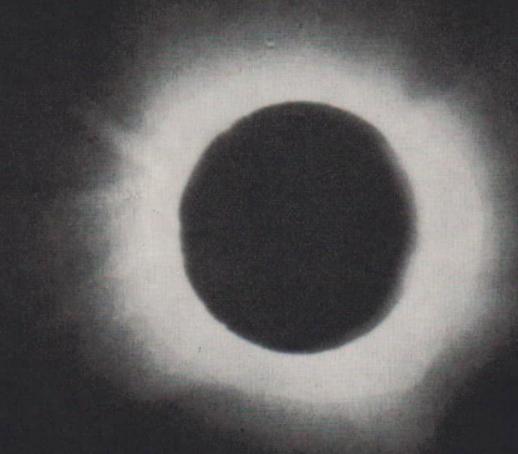




▲ Abb. 7

Sonnenfinsternis 22. September 1968

Abb. 8 ▼



# 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

### Das INTELSAT-Konsortium und seine Satellitenprojekte

H. D. NAUMANN

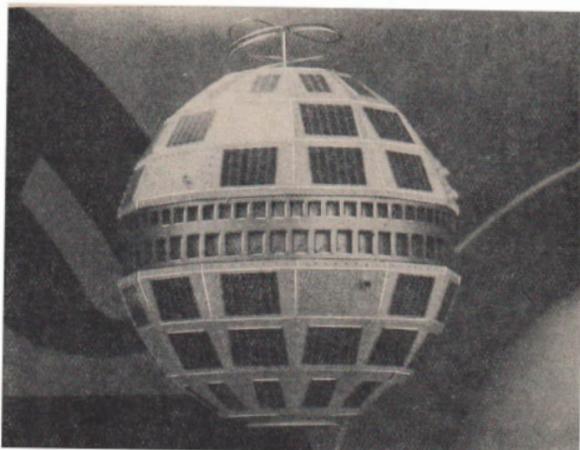
#### 1. Die Organisation des INTELSAT-Konsortiums

Nach Abschluß der Versuche mit den Nachrichtensatelliten TELSTAR (Abb. 1), RELAY und SYNCOM und dem durch sie erbrachten Nachweis der Eignung von Satelliten für Nachrichtenübertragungen wurde von den USA der Aufbau eines internationalen Nachrichtensatelliten-Systems forciert, das einerseits die umfassende internationale Mitarbeit und Beteiligung ermöglichen, andererseits die amerikanische Monopolstellung wahren und bezüglich des transatlantischen Fernmeldeverkehrs die bestehende anderer Staaten (Englands) durchbrechen sollte. Im Ergebnis dieser Bestrebungen unterzeichneten am 20. August 1964 die Regierung der USA sowie die von 10 europäischen, der CEPT (Comité Européenne des Postes et Télécommunications) angehörenden Staaten in Washington ein „Übereinkommen zur vorläufigen Regelung für ein weltweites kommerzielles Satelliten-Fernmeldesystem“ und schlossen sich zum Fernmeldesatelliten-Konsortium „INTELSAT“ (International Telecommunications Satellite-Consortium) zusammen, dem inzwischen bis Ende 1967 61 Staaten angehörten [1], [2]. Die getroffenen Abkommen beziehen sich ausschließlich auf den „Weltraumabschnitt“ eines Nachrichtensatelliten-Systems, der den (oder die) Satelliten sowie die Start- und Steuereinrichtungen umfaßt. Der „Erdabschnitt“, bestehend aus Erdfunkstellen sowie den terrestrischen Funklinien, liegt im nationalen Zuständigkeitsbereich.

Das 1964 getroffene Abkommen umfaßt

1. ein von den Regierungen der Teilnehmerstaaten unterzeichnetes Übereinkommen, das die Grundsätze der Zusammenarbeit regelt, und
2. ein von den Fernmeldeorganen oder autorisierten Institutionen unterzeichnetes Zusatzabkommen, das die praktischen Regelungen zur Durchführung o. g. Grundsätze beinhaltet [1], [2].

**Abb. 1:**  
**Der experimentelle**  
**Nachrichtensatellit**  
**„TELSTAR“.**

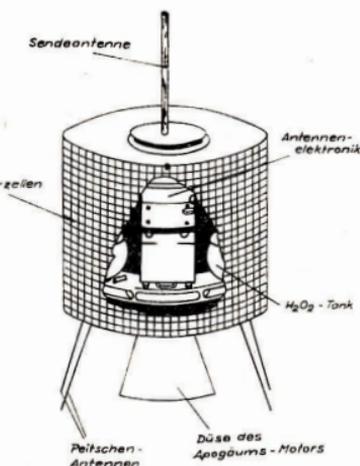


Die Wahrnehmung der Rechte und Pflichten innerhalb der INTELSAT obliegt den staatlichen Fernmeldeverwaltungen. Da in den USA das gesamte Fernmeldewesen in der Hand privater Gesellschaften liegt, wurde 1962 hier die COMSAT (Communications Satellite Corporation) gegründet, womit auch die Nachrichtensatellitensysteme in die Hand von Privatgesellschaften gegeben wurden. 1964 wurde COMSAT darüberhinaus mit der Wahrnehmung der amerikanischen Interessen im Rahmen der INTELSAT beauftragt. Die COMSAT ist mit 53 Prozent Aktienanteilen an INTELSAT beteiligt.

Als Verwaltungsorgan wurde von INTELSAT das Internationale Fernmelde-satelliten-Komitee ICSC (Interim Communications Satellite Committee) gegründet, das die Interessen der Unterzeichner des Zusatzabkommens zu vertreten hat. Zur Entsendung von Vertretern sind alle Unterzeichnerstaaten mit mehr als 1,5 Prozent Beteiligung berechtigt. ICSC fixiert die gesamte Geschäftspolitik der INTELSAT. Bemerkenswert ist, daß das ICSC kein eigenes Personal hat, sondern die COMSAT auf Vertragsbasis mit der Ausübung der Geschäfte beauftragt ist. Damit übt die COMSAT im Rahmen der INTELSAT eine zweifache Funktion aus.

## 2. Die Satelliten des INTELSAT

Die vom INTELSAT gestarteten Satelliten werden vermietet, wobei auch Nichtmitgliedstaaten als Mieter in Betracht kommen. Die Festlegung der Mietgebühren erfolgt durch das ICSC. Die Gebühreneinziehung erfolgt durch COMSAT im Auftrage von INTELSAT.



**Abb. 2: Aufbau des Satelliten „Early Bird“, der am 6. 4. 1965 gestartet wurde und am 9. 4. seine Synchronbahn erreichte.**

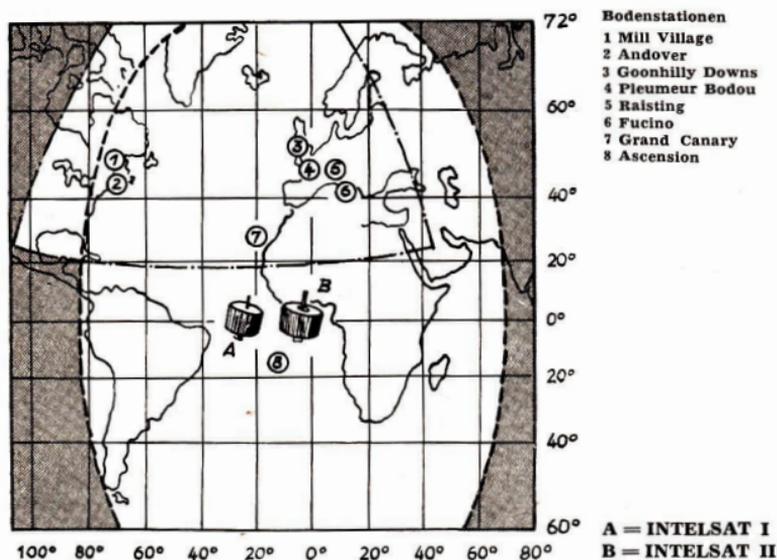


Abb. 3: Überstrahlungsbereiche von „Early Bird“ (INTELSAT I) und „Canary Bird“ (INTELSAT II). Bereich INTELSAT II = —, Bereich INTELSAT I = - - - -

„Nahziel“ der INTELSAT ist der Aufbau eines weltumspannenden Fernmelde-satelliten-Systems, das bis etwa 1972 auf eine Kapazität von 6000 bis 10 000 Fern-sprechkanälen ausgebaut sein soll. Die bisherigen und künftigen Pläne umfassen 4 Satellitenprojekte:

### INTELSAT I

Als erster Satellit INTELSAT I — allgemein als „Early Bird“ (Abb. 2) bezeichnet — wurde am 6. 4. 1965, also knapp 8 Monate nach der Unterzeichnung des Abkommens, gestartet. Am 9. 4. 1965 erreichte er seine Synchronbahn, am 28. 6. 1965 erfolgte die offizielle Aufnahme des kommerziellen Fernmeldeverkehrs Europa — Amerika. Der Satellit wurde über dem Atlantik, etwa 1000 km nordöstlich der brasilianischen Ostküste (bei 32° w. L.) stationiert. Das Strahlungsdiagramm hatte 7° Öffnungswinkel und leuchtete die nördliche Halbkugel aus (Abb. 3). Die Sendeleistung betrug 4 W, die Kapazität 240 wechselseitige Fernsprech- oder 2 Fernsehkanäle. INTELSAT I hatte eine Startmasse von 75 kg, die Abmessungen betrug 71 cm Durchmesser und 60 cm Höhe.

Der Satellit ist für Einfachzugriff bestimmt, d. h. daß jeweils nur zwei Bodenstationen über ihn in Verbindung treten können. Der Betrieb erfolgte in der ersten Zeit über die Stationen Gonnhilly Downs (England), Raisting (Westdeutschland) und Pleumeur Bodou (Frankreich) in Europa sowie Andover (USA) und Mill Village (Kanada). Während sich letztere wöchentlich abwechseln, arbeiten die europäischen Stationen in einem 3-Wochenzyklus: 1. Station  $\hat{=}$  Betrieb, 2. Station  $\hat{=}$  Reserve, 3. Station  $\hat{=}$  Routineüberholung.

Der Betrieb erfolgt auf folgenden Frequenzen [3]:

Satellit → Europa: 4160,75 MHz

Satellit → Amerika: 4081 MHz

Amerika → Satellit: 6389,97 MHz

Europa → Satellit: 6301,02 MHz.

Die Grobortungssender arbeiten auf 138 und 148 MHz, die Feinortungssender im 4-GHz-Bereich. Die Lebensdauer der Satellitenelektronik wurde beim Start auf 5 bis 20 (!) Jahre veranschlagt, jedoch dürfte nach etwa 4 Jahren die Steuermöglichkeit erlöschen, da sich der Treibstoff ( $H_2O_2$ ) der Steuerdüsen mit der Zeit zersetzt [3].

## INTELSAT II

Die wesentlichsten Fortschritte der 2. INTELSAT-Satellitengeneration gegenüber der 1. sind

- Eignung für Mehrfachzugriff, d. h., daß der Satellit gleichzeitig von mehreren Bodenstationen benutzt werden kann,
- Erweiterung des Überstrahlungsbereiches auf die Südhälfte der Erde (Abb. 3),
- Erhöhung der Sendeleistung.

Die Satelliten haben gleichfalls zylindrische Form, und sind mit 142 cm Durchmesser und 67 cm Höhe größer als EARLY BIRD. Die Startmasse beträgt 171 kg, die Umlaufmasse 87 kg. Die Arbeitsfrequenzen liegen in den gleichen Bereichen.

Der erste Start eines Satelliten dieses Typs erfolgte am 26. 10. 1966. Wegen eines Defekts des Apogäumsmotors erreichte er die Synchronbahn jedoch nicht und konnte für kommerzielle Übertragungen nicht genutzt werden.

Der 2. Start am 11. 1. 1967 war erfolgreich. 40 Stunden nach dem Start erreichte der Satellit, auch als PAZIFIK I bezeichnet, seine vorgesehene Position über dem Pazifik in Höhe der Gilbert-Inseln (rd.  $176^\circ$  ö. L.). Er dient Funkverbindungen zwischen den USA, Hawaii, Japan und Australien. Seinen Überstrahlungsbereich zeigt Abb. 4.

Der dritte INTELSAT-II-Satellit (Atlantik II bzw. Canary Bird) wurde am 23. 3. 67 gestartet. Er erreichte seine Synchronposition am 28. 3. 67 über dem Atlantik nahe der Westküste Afrikas. Er dient zu Nachrichtenübertragungen von und nach Nord- und Südamerika, Europa, Afrika sowie dem mittleren Osten. Der 3. Satellit dieses Typs wurde schließlich am 28. 9. 1967 gestartet und wiederum über dem Pazifik stationiert.

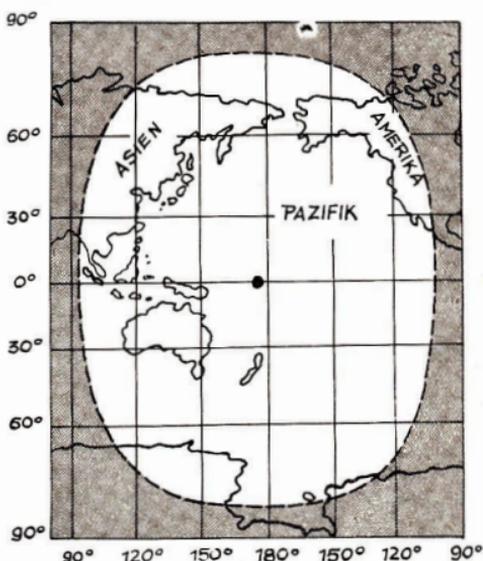


Abb. 4: Überstrahlungsbereich von „Pazifik I“

Ein wesentlicher Teil der Kapazität dieser Satelliten dient im Rahmen der Vorbereitung und Durchführung des APOLLO-Projektes dem ununterbrochenen Funkverkehr mit den Mondastronauten. Dafür sind insgesamt 9 Bodenstationen vorgesehen, die z. T. bereits errichtet wurden: 3 Feststationen auf der Insel Ascension im Atlantik von England, auf den Kanarischen Inseln von Spanien und von Australien betrieben, 3 transportable Stationen von der COMSAT auf Hawaii und in Nordamerika betrieben und 3 Schiffsstationen der USA im Pazifik, Atlantik und Indischen Ozean.

### **INTELSAT III**

Wurden die Projekte I und II von der INTELSAT noch als Experimentalprojekte deklariert, so sollen die INTELSAT-III-Satelliten das erste Betriebssystem darstellen. Der Start der ersten 3 Satelliten soll innerhalb kurzer Zeit im September 1968 erfolgen, wobei je einer über dem Atlantik, dem Pazifik und dem Indischen Ozean stationiert werden soll. Im Bedarfsfall ist für Ende 1969 ein weiterer Atlantik-Satellit vorgesehen und für 1972 ein fünfter über dem Indischen Ozean. Letzterer ist jedoch fraglich, da zu diesem Zeitpunkt bereits die 4. Generation zur Verfügung stehen soll.

Als wesentlicher Fortschritt ist bei diesem Typ die erweiterte Übertragungskapazität zu nennen, die für mehr als 1000 gleichzeitige Ferngespräche oder ein Farbfernsehprogramm und gleichzeitig 100 Ferngespräche ausgelegt ist. Der Satellit hat ebenfalls zylindrische Form, etwa den gleichen Durchmesser wie INTELSAT II, jedoch eine größere Höhe. Seine Masse beträgt etwa 150 kg. Der Satellit ist für Mehrfachzugriff geeignet, wobei erstmals mit mehreren Trägerfrequenzen gearbeitet wird, was eine Umstellung der Bodenstationen erfordert.

### **INTELSAT IV**

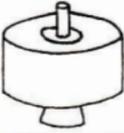
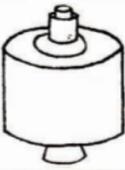
Inzwischen befindet sich das Projekt INTELSAT IV in Vorbereitung, dessen Satelliten etwa 1972 einsatzreif sein sollen. Die Kapazität wird mit 6000...10 000 Fernsprechanälen veranschlagt. Das von HUGHES AIRCRAFT CO. vorgeschlagene Projekt sieht einen etwa 1,1 t schweren Satelliten vor, der 12 Empfänger - Verstärker - Sender - Systeme, ausreichend für je 600 Fernsprechanäle oder 1 Farbfernsehprogramm, enthält. Die schüsselförmigen Antennen haben nur noch 4,5° Öffnungswinkel ihrer Richtkeule, was am Boden zu einer etwa 10 dB höheren Feldstärke führt und die Konzentration des Richtstrahls auf einen Kontinent ermöglicht. Interessant ist, daß auch für diesen Satelliten noch Sonnenzellen zur Stromversorgung vorgesehen sind, die etwa 500 W erzeugen. Die Projektkosten werden mit 200...380 Mio M veranschlagt, die Entwicklungsdauer ab Auftragserteilung etwa 22 Monate [4].

Tabelle 1 gibt den Überblick über die Hauptparameter der einzelnen Projekte.

## **3. INTELSAT und Westeuropa**

Die gegenwärtige und zukünftige Entwicklung der INTELSAT steht im Zeichen heftiger westeuropäisch-amerikanischer Konkurrenzkämpfe. Die westeuropäischen Staaten waren bisher mit rd. 28 Prozent an den INTELSAT-Kosten beteiligt, nur 4 Prozent der zu vergebenden Entwicklungsaufträge aber wurden an westeuropäische Staaten vergeben. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß die Forderungen der westeuropäischen Monopole nach erhöhter Beteiligung stärker werden und schließlich zu einer Reihe eigener Satellitenprojekte führten, mit denen die amerikanische Monopolstellung im Nachrichtensatelliten-Geschäft durchbrochen werden soll. Da diese Pläne mit denen der INTELSAT nicht koordiniert sind, ihnen z. T.

**Tabelle 1: Übersicht über die Hauptparameter der Intelsat-Satelliten-Projekte**

	I	II	III	IV
Größe				
Masse	39 kg	87 kg	ca. 150 kg	1,1 t
Abmessungen				
Durchmesser	71 cm	142 cm	ca. 150 kg	
Höhe	66 cm	71 cm	ca. 100 cm	
Übertragungskapazität (Fernsprech-Kanäle)	240	240 ... 360	1200	6000 ... 10000
Zugriff	einfach	mehrfach	mehrfach	mehrfach
Sendeleistung	4 W	18 W	18 W	ca. 100 W
Spezif. Kanalkosten (Kosten pro Jahr u. Kanal)	1600 Dollar	600 Dollar		

zuwiderlaufen, ist die künftige Entwicklung der INTELSAT durchaus nicht so gesichert, wie es scheint.

#### Literatur:

- [1] Kühn, J.: Weltumspannender Fernmeldeverkehr über Satelliten. Funktechnik, 23 (1968) 14, S. 524-526.
- [2] O. V.: Die Organisation des kommerziellen Satelliten-Fernmeldesystems, Funktechnik, 21 (1966) 9, S. 319.
- [3] Tetzner, K.: HS 303 und seine Nachfolger. Funkschau, 37 (1965) 14, S. 371-373.
- [4] K. T.: Direkte Übertragung aus Mexiko gesichert. Funkschau, 40 (1968) 14, S. 1129.

## 3. Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“

Dieser dritte Jahresbericht der Beobachtungsstation umfaßt den Zeitraum vom 16. November 1966 bis zum 25. Juni 1968.

### 1. Personelle Entwicklung

Die Leitung der Station lag im Berichtszeitraum in den Händen von Karl-Heinz Neumann, Mitglied des Präsidiums der Deutschen Astronautischen Gesellschaft.

1.2. Am aktivsten war auch in diesem Berichtszeitraum der Mathematikstudent Reinhard Schulze in seiner freiwilligen Mitarbeit an der Station. Besonders hervorzuheben ist seine Arbeit an der Wartung und dem Bau von elektronischen Apparaturen.

Vor allem im letzten Jahr trat auch der Chemiestudent Bernd Mischke durch ebenfalls große Aktivität hervor. Auch er arbeitete relativ oft in seiner Freizeit an der Station mit, wobei er Reinhard Schulze unterstützte und, was die funktechnische Beobachtung betrifft, mitunter selbständig arbeitete.

Die im vorigen Jahresbericht gemeldete Arbeitsgemeinschaft war auch in diesem Berichtszeitraum mit unterschiedlicher Aktivität an der Station tätig. Ihr gehören an: Ingrid Penther, Klaus Niemitz, Dietmar Neubert, Hartmut Müller.

Aus dieser Arbeitsgruppe ist ab Herbst 1967 der Geologiestudent Ulrich Wutzke ausgeschieden, da er ab Studienjahr 1967/68 sein Studium in Rostock fortsetzt.

Die im vorigen Jahresbericht aufgeführte Arbeitsgemeinschaft, die in Zusammenarbeit mit der Jugend-URANIA des Stadtbezirks Treptow an der Satellitenbeobachtungsstation gegründet wurde, hat nur bis Juni 1967 hier gearbeitet. Danach zerfiel diese Arbeitsgemeinschaft, wobei mehrere Gründe eine Rolle spielten. Die sechs SchülerInnen und Schüler zeigten zum Teil andere Interessen, d. h. sie schlossen sich anderen Arbeitsgemeinschaften der Jugend-URANIA bzw. verschiedenen Zirkeln im Haus der jungen Talente u. ä. Einrichtungen an.

Ein Ingenieur der Hochfrequenztechnik sowie ein Mechaniker wurden für die nebenberufliche Mitarbeit an der Station gewonnen. Sie wurden vertraglich an diese Arbeit gebunden. Es handelt sich dabei um die Herren Ing. Stillmann und Behrend.

In dem Vertrag ist festgelegt, daß diese beiden freiwilligen Mitarbeiter eine Reihe von Arbeiten für die weitere Entwicklung der instrumentellen Ausrüstung unserer Station in ihrem Betrieb, dem VEB Studiotechnik Fernsehen in Berlin, ausführen können. Der Betrieb stellt auch entsprechende Materialien bzw. Bauelemente zur Verfügung. Die Zustimmung der Betriebsleitung liegt vor. Über ihre bisher ausgeführten Arbeiten wird noch berichtet. Diese Gruppe nahm Anfang 1968 ihre Arbeit auf.

## 2. Instrumentelle Entwicklung

### 2.1. Instrumentenzugang

Im Berichtszeitraum war folgender Instrumentenzugang durch Neuanschaffungen von seiten der Deutschen Astronautischen Gesellschaft und des Verlages „Junge Welt“ sowie durch Übernahme aus Privateigentum und Schenkungen anderer Institutionen möglich:

1 Zeiss-Refraktor 80 mm Durchmesser, Brennweite 1200 mm; 1 parallaxische Montierung dazu vom Typ IB mit elektrischer Nachführung; 1 Zeiss-Astrokamera mit 2 Kassetten; 1 Zeiss-Planetenkamera; 1 Projektiv für die Planetenkamera 3,2 : 1; 1 Projektiv für die Planetenkamera 4 : 1; 1 Projektiv für die Planetenkamera 6,3 : 1; 1 Projektiv für die Planetenkamera 8 : 1; 1 Projektiv für die Planetenkamera 10 : 1; diverse Okulare; 1 Herschel-Prisma zur Sonnenbeobachtung; 2 Zenit-Prismen; 1 Sonnenprojektionschirm; 1 weiterer 80-mm-Refraktor, azimutal montiert; 1 44-mm-Refraktor, azimutal montiert; 1 Anastigmat 1 : 3,6, Brennweite 350 mm; 1 Theodolit; 1 Kleinbildkamera Praktina mit div. Zubehör; 1 Sonar 1 : 2,8 Brennweite 180 mm; 1 Flektogon 1 : 5,6, Brennweite 50 mm; 1 Praktika Six (Spiegelreflexkamera 6 × 6 cm); div. Zubehöreile für die Dunkelkammerausrüstung; 1 Reproduktionsgestell; 2 8-mm-Schmalfilm-Kameras; 1 8-mm-Filmprojektor; 1 Diaprojektor; 2 Allwellenempfänger vom Typ Erfurt 188 (reparaturbedürftig); 1 UKW-Meßempfänger; 1 Wobbel-Generator; 1 Schwebungs-Generator; 1 20 MHz-Empfänger (noch nicht betriebsfähig); 1 Dopplerversuchsanlage dazu (noch nicht betriebsfähig); 1 transistorisierter NF-Nachsetzer für 30 MHz (Eigenbau); 1 Doppler- und Feldstärkeauswertteil (Eigenbau); 1 Bildaufzeichnungsgerät Typ Newa.

### 2.2. Anlagenkomplexe

Auch in diesem Berichtszeitraum wurde der Schwerpunkt in der instrumentellen Entwicklung auf den Ausbau von Anlagenkomplexen gelegt. Neben der im vorigen Jahresbericht genannten Zeitanlage, die in der dort beschriebenen Form weiter existiert, bestand die Beschreibung der Entwicklung darin, vor allem die funktechnische Beobachtungsanlage in Anlagenkomplexen zusammenzufassen. Zunächst wurden zwei Anlagenkomplexe der funktechnischen Beobachtung eingerichtet, die durch die hier als dritten Anlagenkomplex genannte zentrale Schaltanlage nach deren Inbetriebnahme wiederum zusammengefaßt werden. Diese Zusammenfassung machte sich vor allem deshalb notwendig, weil bisher bei der funktechnischen Beobachtung, die meistens in den Tagesstunden auszuführen ist, nur ein Beobachter zur Verfügung steht. Im folgenden werden die für die funktechnische Beobachtung geschaffenen Anlagenkomplexe genannt.

#### 2.2.1. Funktechnische Anlage für den UKW-Bereich

Als Antenne finden hier der Sendefrequenz der zu beobachtenden Satelliten angepaßte Langdrahtantennen Verwendung. Im wesentlichen handelt es sich um den Bereich von 20 MHz. Die Aufzeichnungsapparatur wurde in den Gestellschrank der inzwischen ausgeschalteten Normalzeitfrequenzanlage eingebaut. Als Empfänger findet ein Allwellengerät vom Typ Erfurt 188 Verwendung. Darüber befindet sich der Kompensationsbandschreiber für die Feldstärkeaufzeichnung. Ferner ist in diesem Gestellschrank eine selbstgebaute Anlage eingesetzt, mit der über ein Anzeigelinstrument die Feldstärke und über ein zweites Instrument die Frequenzänderung direkt ablesbar ist. Zu diesem Anlagenkomplex gehört ferner ein Ton-

bandgerät zur Aufzeichnung des Satellitendurchgangs. Da während eines Satellitendurchgangs nur ein Schreiber zur Verfügung steht, wird hiermit während des Durchgangs die Feldstärke des einfallenden Signals registriert. – Da aber für die Auswertung der Funkbeobachtungen der Kosmos-Satelliten auch Doppler-Messungen notwendig sind, werden die Signale gleichzeitig auf Band aufgezeichnet. Nach dem Durchgang kann durch einen einfachen Schaltungsvorgang die Doppler-Auswertung erfolgen. Die aufgezeichneten Signale laufen über den NF-Eingang noch einmal durch den Empfänger, und der Schreiber zeichnet nun die Tonfrequenzänderungen dieser Signale während des Durchgangs auf. Damit erhält man auf dem Schreibpapier nach der Feldstärkeaufzeichnung auch gleichzeitig die Doppler-Verschiebung der Signale bei dem entsprechenden Durchgang.

Während des Signalempfangs kann ferner noch ein Oszillograph eingeschaltet werden, mit dessen Hilfe der Durchgang auch optisch verfolgt werden kann. Auch dieser Oszillograph gehört zu dem genannten Anlagenkomplex.

#### 2.2.2. UKW-Empfangsanlagenkomplex

Im augenblicklichen Stadium ist der UKW-Empfangsanlagenkomplex für die Aufzeichnung von Satelliten gesendeten Wetterbilder ausgerüstet. Als Antenne dient eine selbstgebaute Wendelantenne. Sie ist azimutal montiert. Wir verwendeten dazu die Montierung eines außer Betrieb gesetzten 30-cm-Spiegelteleskops. An der Antenne ist ferner vorläufig ein einstufiger transistorisierter Antennenverstärker angebracht.

Als Empfänger wird der umgebaute Feldstärkemesser FSM-3 benutzt (Frequenzbereich 90 bis 300 MHz). Die Zwischenfrequenz des Empfängers (30 MHz) wird auf einen selbst entwickelten volltransistorisierten Nachsetzer gegeben, der das NF-Signal liefert. Dieses NF-Signal wird in das neu angeschaffte Bildaufzeichnungsgerät Newa gegeben. Damit ist ein einwandfreier Wetterbildempfang bei entsprechender bis jetzt noch manueller Antennennachführung möglich.

#### 2.2.3. Zentrale Schalteinheit

Diese den beiden vorgenannten Anlagenkomplexen übergeordnete, steht z. Z. kurz vor ihrer Vervollendung. Mit Hilfe dieser an der Station konzipierten und von dem genannten Kollektiv gebauten Schalteinheit ist es möglich, von einer Stelle aus sämtliche Geräte, sowohl des Komplexes Kurzwellenempfang als auch des Komplexes UKW-Empfang, zu bedienen und zu steuern. Durch entsprechende Meßinstrumente, die hier eingebaut sind, ist außerdem eine Regelung der einzelnen Empfangs- und Aufzeichnungsapparaturen möglich. Dieses zentrale Schaltpult ist ferner so ausgelegt, daß sämtliche Schaltvorgänge durch eine automatische Steuerungsanlage ausgeführt werden können.

Diese zentrale Schalteinheit besitzt als Zusatzapparat eine Gegensprechanlage zwischen dem Instrumentenraum und der Beobachtungsplattform.

Für die Erweiterung unserer funktechnischen Anlage sind eine Reihe von Schaltungsmöglichkeiten frei gelassen worden. Nach Inbetriebnahme dieser Anlage wird es möglich sein, jede gewünschte Aufnahmeapparat mit entsprechenden Aufzeichnungsapparaturen zusammenzuschalten. Die Entwicklung dieser zentralen Schalteinheit wurde deshalb vordringlich betrieben, um dem Beobachtungsausfall entgegenwirken zu können, der durch den Einmannbetrieb bedingt ist.

#### 2.2.4. Zeitanlage

Für die Zeitanlage gilt das in dem 2. Jahresbericht gesagte. Sie hat sich in dem bisherigen Einsatz bewährt. Der Recorder der Zeitanlage ist in die Schalteinheit mit einbezogen. Es wird deshalb auch in der Zukunft möglich sein, eine höhere Zeitgenauigkeit bei der funktechnischen Beobachtung zu erreichen.

#### 2.2.5. Fotografische Satellitenbeobachtung

Durch den Neuerwerb des Sonar 1 : 2,8, 180 mm Brennweite, wurden neue Experimente für die fotografische Satellitenbeobachtung ausgeführt.

Zunächst wurde der Sonar mit der Exakta Varex benutzt. Die Kamera ist hierbei auf der Gegengewichtsseite der parallaxtischen Montierung angebracht. Durch die elektrische Nachführung werden die Sterne hierbei punktförmig abgebildet, und man kann bei sehr hoch fliegenden Satelliten (z. B. Pages 1) Anfangs- und Endpunkt der Spur (da beide auf dem Recorder registriert werden) bestimmen. Das Gesichtsfeld beträgt bei der Verwendung der Kleinbildkamera  $10 \times 15$  Grad.

Nach dem Erhalt der Praktika Six wurde diese in gleicher Weise mit dem Sonar eingesetzt. Hier beträgt das abgebildete Gesichtsfeld  $25 \times 25$  Grad. Dadurch ergibt sich eine bessere Orientierung und ein leichteres Auffinden der Bezugsterne in den vorhandenen Sternkarten. Natürlich kann nur der zentrale Bereich der Fotoaufnahme für Positionsbestimmungen ausgenutzt werden.

### 2.2.6. Visuelle Beobachtungen

Aus den in dem vorangegangenen Jahresbericht genannten Gründen erscheinen visuelle Beobachtungen nicht sehr sinnvoll. Ihre Anwendung wird nur in der noch hellen Dämmerung bei lichtstarken Satelliten notwendig.

Im Berichtszeitraum bestand die Bemühung, durch Kombination des Theodoliten mit einem AT-1-Fernrohr eine Beobachtungsmöglichkeit zu schaffen. Der inzwischen erhaltene Theodolit scheint für diese Zwecke besonders geeignet, da bei ihm Azimut und Höhe durch eine Beobachtungslupe ablesbar sind.

Zwei der Mitarbeiter der unter 1.2. genannten Arbeitsgemeinschaft hatten die Aufgabe übernommen, ein derartiges Instrument zu entwickeln und unter Mithilfe eines Betriebes bauen zu lassen. Bisher sind diese Arbeiten noch nicht abgeschlossen.

### 2.2.7. Zu den im vorigen Jahresbericht genannten Vorhaben:

Auf den Aufbau einer fotografischen Beobachtungsanlage in Röntgental wurde aus personellen Gründen verzichtet. Das Projekt, ein Satellitennachführinstrument mit automatischer Registrierung des Durchgangs des Satelliten durch den Himmelsäquator, wurde aufgegeben.

Die im vorangegangenen Bericht genannte volltransistorisierte Empfangsanlage mit Quarz-oszillator wird mit geringfügigen Änderungen als NF-Nachsetzer beim Wetterbildempfang

**Tabelle der beobachteten Kosmos-Satelliten**

Satellit	Anzahl der Beobachtungen Tage	Anzahl der Beobachtungen
132	5	12
134	6	21
136	6	17
138	7	24
141	5	16
143	7	28
147	5	13
150	3	11
153	6	20
155	9	28
157	2	6
162	5	15
164	5	21
168	7	15
175	1	1
177	4	8
180	3	4
181—182	6	11
190	5	15
193	5	17
194	4	13
195	4	15
199	7	23
201	5	19
205	5	10
207	2	5
208	5	13
210	5	18
214	2	2
216	5	9
224	3	10
227	6	10
32 Satelliten	155	450

verwendet. Das Gerät für die Ablesung der Signalfeldstärke und der Dopplerfrequenzänderung ist im Anlagenkomplex des Kurzwellenempfanges eingesetzt.

Die elektronische Programmzeitschaltanlage ist fertiggestellt und wurde versuchsweise eingesetzt. Sie zeigte jedoch wegen einer großen Zahl von mechanischen Elementen eine relativ hohe Störanfälligkeit. Auf einen ständigen Einsatz dieser Anlage wurde deshalb verzichtet. Es ist vorgesehen, diese Anlage neu auf der Grundlage von Lochstreifensteuerung zu entwickeln.

#### 2.2.8. Im Bau befindliche Anlagen bzw. projektierte Anlagen

2.2.8.1. Zur Verbesserung der Empfangsmöglichkeiten im Bereich von 136 bis 138 MHz befindet sich ein parametrischer Verstärker im Bau.

2.2.8.2. Um auch Signale aus dem Mondbereich empfangen zu können, wird gleichzeitig ein zweiter parametrischer Verstärker für den Frequenzbereich von 182 bis 184 MHz gebaut.

2.2.8.3. Zur Verbesserung der Leistung der Wendelantenne befindet sich ein neuer Reflektor sowie ein Anpassungsglied im Bau.

2.2.8.4. Nach Fertigstellung der parametrischen Verstärker soll die UKW-Empfangsanlage erweitert und verbessert werden, um auch andere Satelliten mit geringer Sendeleistung empfangen zu können.

2.2.8.5. Für die weitere Zukunft besteht das Projekt, die Empfangsmöglichkeiten bezüglich höherer Frequenzen bis in den Bereich von 1 GHz zu erweitern.

### 3. Entwicklung der Arbeit der Station

Hauptschwerpunkt der Arbeit der Station war im Berichtszeitraum wiederum die funktechnische Beobachtung der sowjetischen Kosmos-Satelliten. Außerdem begann ab Mitte April 1968 die Aufnahme von Wetterbildern. Auf optischem Gebiet beschränkte sich die Arbeit auf verschiedene Experimente und die Untersuchung der Leistungsfähigkeit von fotografischen Aufnahmeapparaturen.

#### 3.1. Funktechnische Beobachtungen

##### 3.1.1. Beobachtungen im 20-MHz-Bereich

Hierbei wurden vor allem die sowjetischen Kosmos-Satelliten, die im Bereich von 19.995 MHz senden und eine relativ kurze Lebenszeit von meist 8 Tagen haben, funktechnisch verfolgt.

3.1.1.1. Die in der Tabelle S. 187 aufgeführten Kosmos-Satelliten sind im Berichtszeitraum beobachtet worden. Dabei ist jeweils angegeben, an wieviel Tagen ihrer Existenz sie beobachtet wurden und wieviel Einzelbeobachtungen auf den Satelliten entfallen.

Es ergeben sich also folgende Durchschnittswerte: Pro Satellit rund 5 Beobachtungstage, im Mittel pro Satellit 14 Einzelbeobachtungen und damit pro Satellit rund 3 Beobachtungen pro Tag.

Der Mittelwert von 3 Beobachtungen pro Tag entspricht den Gegebenheiten. Je nach der Bahnneigung der Kosmos-Satelliten ist die Zahl der beobachtbaren Durchgänge verschieden. Satelliten mit hoher Bahnneigung (im Bereich von 72°) sind mitunter nur ein- bis zweimal am Tage zu empfangen. Satelliten mit geringerer Bahnneigung, z. B. im 51°-Bereich, können täglich bis zu sechsmal empfangen werden.

Die Anzahl von 3 Beobachtungstagen pro Satellit ist natürlich nicht das maximal Mögliche, weil rund 90 Prozent der hier genannten Satelliten sich jeweils 8 Tage in der Bahn befinden. Die Gründe dafür, daß hier keine maximale Beobachtungsmöglichkeit besteht, sind vielfältig. Folgende sollen kurz angeführt werden:

Die Empfangsbedingungen sind infolge von ionosphärischen Veränderungen täglich verschieden. Es gab Tage, an denen die Signale eines Satelliten an unserer Station überhaupt nicht empfangen wurden, obgleich der Satellit auch an diesen Tagen gesendet hat.

Es gibt Tage, an denen der Störpegel, bedingt durch Knackgeräusche sowie Sprechfunk- und Telegraphiesender, so hoch ist, daß die Signale nicht zu empfangen sind.

Die Satelliten mit hoher Bahnneigung sowie auch einige Satelliten im Bereich von 65° werden von einem Standort nahe Archangelsk aufgelassen. Sie sind deshalb am ersten Tage ihres Erdumflaus an unserer Station nicht zu empfangen, da sie beim ersten Vorübergang sich bereits weit westlich von uns bewegen und erfahrungsgemäß die Signale dieser Satelliten, die aus der Westrichtung einfallen, äußerst schwach sind. Sie können deshalb meist nicht erfaßt werden.

In die Lebenszeit der Satelliten fällt meist ein Sonnabend und Sonntag. Eine Beobachtung an diesen Tagen läßt sich nicht in jedem Falle gewährleisten.

Die besonders geringe Beobachtungszahl der Satelliten im Herbst 1967 ist darauf zurückzuführen, daß der Leiter der Station zu diesem Zeitpunkt mehrere Tagungen besuchte.

Die relativ geringe Zahl der Beobachtungen im Frühjahr 1968 erklärt sich aus der Tatsache, daß zu dieser Zeit erstmalig das Hauptaugenmerk auf den Empfang von Wetterbildern gerichtet wurde. Es trat oft der Fall ein, daß Wettersatellitenbilder und Kosmos-Satelliten gleichzeitig auftauchten. Wenn die schon beschriebene zentrale Schalteinheit einsatzfähig ist, wird auch im Ein-Mann-Betrieb eine gleichzeitige Beobachtung und Aufzeichnung verschiedener Satelliten möglich sein. Ein weiteres Mittel, die Beobachtungsreihen kontinuierlicher zu halten, besteht in dem Einsatz der erwähnten Schaltautomatik.

Der einzige Satellit, der im Berichtszeitraum vollständig beobachtet wurde, war Kosmos 155. Bei ihm sind 9 Beobachtungstage angegeben, das bedeutet, daß der Satellit, beginnend mit dem ersten Erdumlauf, bis zu seinem letzten Erdumlauf erfaßt werden konnte. Außerdem konnte – wie bei einer Reihe anderer Kosmos-Satelliten auch – der Vorgang der Landung funktechnisch verfolgt werden. Eine Besonderheit bildet Kosmos 199, der eine Lebenszeit von 14 Tagen hatte.

Zu erwähnen ist noch, daß bei einer Reihe der hier genannten Kosmos-Satelliten extreme Überreichweitenempfangs festzustellen waren. Das trifft vor allem auf die Satelliten des Sommers 1967 zu. In einem Fall wurde sogar ein Antipodenempfang festgestellt.

In der Tabelle über die beobachteten Satelliten werden Kosmos 181 und 182 gemeinsam angeführt. Beide Satelliten umkreisten zur gleichen Zeit die Erde, sie hatten ferner dieselbe Sendefrequenz, und auch die Signale beider Satelliten glichen sich vollständig. Wegen der ähnlichen Bahnen dieser Satelliten fielen die Signale zeitlich direkt zusammen bzw. überschritten sich zum Teil zeitlich. Deshalb waren auch keine Doppelvermessungen möglich, und die einzelnen Signalempfänge ließen sich nicht eindeutig einem der beiden Satelliten zuordnen. Das ist der Grund, warum beide Satelliten hier gemeinsam angeführt worden sind.

Auch in anderen Fällen traten diese Erscheinungen auf. Hier war es aber fast immer möglich, die Satelliten zu trennen, da sie nicht wie Kosmos 181 und 182 zeitlich zusammenfielen.

### 3.1.2. Beobachtungen im UKW-Bereich

#### 3.1.2.1. Experimente für den Wetterbildempfang

Für die ersten Experimente zum Empfang der Wetterbilder wurde ein UKW-Meßempfänger eingesetzt. Von diesem Empfänger wurde lediglich der HF-Teil verwendet und als Nachsetzer bei verschiedenen Experimenten Allwellenempfänger vom Typ Dabendorf oder Erfurt eingesetzt. Zur Verstärkung des Eingangssignals ist eine selbstgebaute Kaskodenstufe vorgesehen worden. Die Experimente ergaben, daß die verwendeten Nachsetzer eine zu schmale Bandbreite besaßen. Die maximal bei beiden Empfängern zu erreichende Bandbreite beträgt 7 KHz, die Bandbreite des Wettersignals allerdings 10 KHz. Der durch den Satellitendurchgang entstehende Doppler-Effekt machte sich hier schon äußerst störend bemerkbar.

Verschiedenartige Experimente zur Bildaufzeichnung sind vor dem Erhalt der NEWA-Aufzeichnungsgerätes ausgeführt worden. Als erstes sind Versuche unter Verwendung des Normaloszillographen durchgeführt worden. Eine Kleinbildkamera wurde dabei auf mechanischem Wege vor der Oszillationsröhre vorbeigeführt. Das Signal erzeugte eine Helligkeitsmodulation des Oszillographenpunktes. Wegen der ungenügenden Schärfe dieses Punktes und vor allem der Mängel in der mechanischen Nachführung, die mit eigenen Mitteln nicht zu beheben waren, gelang es nicht, brauchbare Bilder zu erzeugen.

Andere Experimente, die unter Verwendung von Lampen, deren Helligkeit von dem Satellitensignal gesteuert wurde oder unter Verwendung von bewegten Fotoplatten ausgeführt wurden, waren ebenfalls erfolglos. Für die Steuerung der Zellenfrequenz verwendeten wir Teile des Uhreneinschubs einer betriebsunfähigen Normalzeitfrequenzanlage. Diese wurde durch unsere Quarzuhr gesteuert. Auch diese Experimente führten zu keinem positiven Ergebnis, was im wesentlichen auf Schwierigkeiten in der mechanischen Ausführung zurückzuführen war. Obgleich gegenüber den erstgenannten Versuchen bereits eine Steigerung der Bildqualität zu verzeichnen war (Grobummisse der Wolkenstrukturen waren bereits zu erkennen), mußten wir uns wegen der mechanischen Schwierigkeiten zur Einstellung der weiteren Experimente entschließen.

#### 3.1.2.2. Experimente zum Empfang von Satellitensignalen im Bereich von 136 MHz

Die Sendeleistungen einer großen Anzahl amerikanischer Satelliten, die im Frequenzbereich von 136 MHz arbeiten, liegen im Bereich von 100 bis 900 mW. Um die Leistungsfähigkeit der Apparaturen zu erproben, wurde versucht, die Funkbaken von Nimbus 2 und Essa 2 (deren Ephemeriden bekannt waren) zu empfangen. Beide Funkbaken haben eine Sendeleistung von 900 mW. Mit der oben beschriebenen Apparatur (Dabendorf oder Erfurt als Nachsetzer) gelang es mehrmals, diese Funkbaken einwandfrei zu empfangen. Als Antenne wurde eine Wundelantenne eingesetzt, die der scheinbaren Satellitenbewegung nachgeführt worden ist. Obgleich hier ohne Antennenverstärker gearbeitet wurde, war es wegen des Umstands, sehr schmal-

bandig zu arbeiten, möglich, diese relativ schwachen Signale einwandfrei zu empfangen. Es ist vorgesehen, diese Möglichkeiten entsprechend weiter auszubauen.

### 3.1.2.3. Wetterbildempfang

Im März 1968 erhielt die Satellitenbeobachtungsstation ein Bildfunkempfangsgerät vom Typ NEWA. Damit war die Voraussetzung gegeben, einwandfreie Wetterbilder zu empfangen. Für den Bildempfang waren aber Veränderungen an diesem Gerät notwendig. Es besitzt eine Rotationsgeschwindigkeit der Trommel mit dem Fotopapier von 250 Umdrehungen pro Minute. Das Wetterbild wird aber mit 240 Umdrehungen pro Minute gesendet. Die Umdrehung dieser Trommel wird durch eine Stimmgabel gesteuert. Durch Veränderung der Stimmgabel war es möglich, die notwendige Umlaufzeit der Trommel zu erreichen.

Versuche, die Umdrehungszahl der Fototrommel unter Ausschaltung der Stimmgabel von außen zu steuern, verliefen ebenfalls erfolgreich. Durch Fremdsteuerung ließen sich auch andere Umlaufgeschwindigkeiten erreichen. Es wäre z. B. möglich gewesen, die auch über das APT-System gesendeten Infrarotwolkenbilder nachts zu empfangen. Diese Experimente wurden vor allem deswegen gemacht, weil der Satellit Nimbus 3, dessen Start fehlgeschlag, seine Infrarotaufnahmen mit einer Frequenz von 48 Zeilen pro Minute senden sollte.

Für den Empfang der Wetterbilder benutzen wir den Feldstärkemesser FSM-3, dessen Bandbreite von 300 kHz bis auf etwa 80 kHz durch geringfügige Umbauten herabgesetzt worden war. Die Zwischenfrequenz des Empfängers von 30 MHz wird auf den selbstgebauten volltransistorisierten Quarzstabilisierten FN-Nachsetzer gegeben. Ohne zusätzlichen Antennenverstärker sind die Bilder zwar zu erkennen, aber noch zu stark verrauscht. Mit dem Einsatz eines selbstgebauten Antennenverstärkers erhielten wir ab April 1968 Wetterbilder von einwandfreier Qualität.

Von den beiden Wettersatelliten Essa 2 und Essa 6 sind seit dem 19. April 1968 bis zum Ende des Berichtszeitraumes über 200 Wetterbilder guter Qualität aufgezeichnet worden.

Bei dem bisherigen Empfang der Wetterbilder treten einige Schwierigkeiten auf. Die Antennennachführung muß per Hand erfolgen, d. h., daß bei einem Ein-Mann-Betrieb der Beobachter während des Durchgangs – vor allem bei zeitnahen Durchgängen – die Antenne mehrmals nachrücken muß. Da wir keine Ephemeriden der genannten Satelliten erhalten, ist die selbständige Berechnung notwendig, was äußerst zeitraubend ist. Dabei werden eine Reihe von selbstgefertigten graphischen Hilfsmitteln eingesetzt. Die Nachführung hat deshalb einen gewissen Grad an Ungenauigkeit. Die wesentlichste Behinderung entsteht dadurch, daß die Antenne wegen der schnellen Zugänglichkeit auf dem Dachgarten der Station aufgestellt ist und durch umliegende Hauswände eine Abschirmung der Signale erfolgt. Bei Westdurchgängen der Satelliten ist deshalb meist nur das erste Bild einwandfrei zu empfangen. (Pro Durchgang des Satelliten können normalerweise drei Bilder aufgenommen werden.) Eine horizontfreie Aufstellung der Antenne wäre nur dann möglich, wenn sie in Azimut und Höhe fernbedient werden könnte.

### 3.1.2.4. Auswertung der Wetterbilder

Wetterbilder können von uns nicht meteorologisch ausgewertet werden. Einzelne Wetterbilder sind in „Astronomie und Raumfahrt“ und in der „Jungen Welt“ veröffentlicht worden. An Hand der Wetterbilder lassen sich auch Abschmelzvorgänge von Eis und Schnee in Nordeuropa sowie in Island und Grönland verfolgen. Siehe „Astronomie und Raumfahrt“ 1968, Heft 4.

## 3.2. Optische Beobachtungen

Wegen der schon früher erwähnten schwierigen örtlichen Lage der Station sind optische Beobachtungen nicht systematisch ausgeführt worden.

### 3.2.1. Visuelle Beobachtungen

Wegen der fehlenden instrumentellen Voraussetzungen wurden keine visuellen Satellitenbeobachtungen ausgeführt.

### 3.2.2. Fotografische Beobachtungen

Den Schwerpunkt dieser Beobachtungen bildete die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten eines Sonars für fotografische Satellitenbeobachtungen. Die große Lichtstärke dieses Objektivs (Öffnungsverhältnis 1 : 2,8) bringt bereits Schwierigkeiten infolge des hellen Himmels über der Stadt mit sich. Bei Verwendung von 27-DIN-Filmen und hellem Mondlicht ist das Negativ bei 10 Sekunden Belichtungszeit bereits stark verschleiert. Schwache Sterne verschwinden in dem Schleier. Eine Serie von Versuchsaufnahmen wurde an den Satelliten Echo 1 und Echo 2 sowie Pageos 1 gemacht. Versuche, die lichtschwächeren Satelliten, Explorer 19 und Explorer 24, aufzunehmen, die eine maximale Helligkeit bis etwa zur 4. Größenklasse erreichen, sind wegen des Schleiers auf dem Film nicht gelungen.

In einzelnen Nächten, in denen nahezu ideale Bedingungen herrschten (Dunstfreiheit und fehlendes Mondlicht), wurden Experimente angestellt, um die Leistungsfähigkeit des Objektivs zu untersuchen. Es wurden deshalb verschieden lange Belichtungen bei den Plejaden ausgeführt. Dabei zeigte sich, daß beim Übergang von 3 Minuten zu 5 Minuten Belichtungszeit kein weiterer Gewinn in der Grenzgröße der Sterne zu erreichen ist.

Eine Reihe weiterer Experimente sind mit einer Planetenkamera und Projektiven ausgeführt worden. Diese Experimente bezogen sich auf den Mond, den Jupiter und die Sonne. Im folgenden einige Richtwerte, die als richtige Belichtungszeiten gefunden wurden: Unter Verwendung von 27-DIN-Film und des Projektivs 4 : 1 am 80-mm-Refraktor ist bei Halbmond etwa 1,50 Sekunde die richtige Belichtungszeit.

Für Jupiter ist beim gleichen Instrument und der gleichen Filmsorte 1/10 Sekunde die richtige Belichtungszeit. Bei Sonnenaufnahmen fanden der 63-mm-Refraktor und das Projektiv 3,2 : 1 Verwendung. Vor das Projektiv wurden ein Rot- und ein Grünfilter gesetzt. Hier ergab sich unter Verwendung von 15-DIN-Film 1/50 Sekunde als richtige Belichtungszeit.

### **3.3. Populärwissenschaftliche Tätigkeit**

#### **3.3.1. Besucher der Station**

Im Berichtszeitraum besuchten insgesamt 46 Schulklassen oder Gruppen von Jugendweiheteilnehmern aus Berlin und anderen Orten der DDR die Satellitenbeobachtungsstation. Dabei wurde ihnen ein Überblick über die Arbeit der Station und ihre Instrumentierung gegeben. In einem Kurzvortrag wurden sie mit den aktuellsten astronautischen Ereignissen bekannt gemacht.

Zahlreiche Einzelpersonen, vor allem Journalisten aus verschiedenen Ländern, besuchten ebenfalls die Station. Der prominenteste Besucher war der sowjetische Kosmonaut ANDRIJAN NIKOLAJEW, der am 20. Oktober 1967 zusammen mit einer Komsomol-Delegation in unserer Station weilte. Er interessierte sich eingehend für die bei uns geleistete Arbeit und sprach sich anerkennend aus. Bei seiner Eintragung ins Gästebuch wünschte er der Station und ihren Mitarbeitern weitere Erfolge in der Arbeit.

#### **3.3.2. Ausstellungen**

Im Vorraum der Station wurde eine kleine Ausstellung aufgebaut. Sie enthält Fotos sowjetischer Raumflugkörper sowie Reproduktionen von Titelseiten der Zeitung „Junge Welt“ bei großen astronautischen Ereignissen.

Im Juni 1968 wurde ein Schaufenster beim Zentralrat der Freien Deutschen Jugend ausgestattet, welches einen Überblick über die Arbeit an unserer Satellitenbeobachtungsstation gibt.

Für die Weltfestspiele der Jugend und Studenten in Sofia sind ebenfalls mehrere Tafeln gestaltet worden, die einen Einblick in die Arbeit unserer Station geben.

#### **3.3.3. Vortragstätigkeit**

Der Leiter der Station hat in Berlin und in anderen Orten der DDR zahlreiche Vorträge zu Problemen der Raumfahrt, vornehmlich vor Jugendlichen und in Jugendklubhäusern gehalten. Er nahm auch an einer Reihe von Foren zu Problemen der Raumfahrt teil.

Der Leiter der Station trat auch im Rundfunk und bei aktuellen astronautischen Ereignissen im Deutschen Fernsehfunk auf.

#### **3.3.4. Publikationen**

Von einigen Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft sowie vom Leiter der Station wurden eine große Zahl von Beiträgen für die Zeitung „Junge Welt“ geschrieben. Der Leiter der Station veröffentlichte ferner in den Zeitschriften „Astronomie und Raumfahrt“ und „Technik“ eine Reihe von Beiträgen.

#### **3.3.5. Tagungsbesuche**

Der Leiter der Satellitenbeobachtungsstation nahm im Berichtszeitraum an folgenden Tagungen teil: Im September 1967 an der Konferenz der Satellitenbeobachter der sozialistischen Länder in Zakopane, VR Polen; im Oktober 1967 am XVIII. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation in Belgrad, VR Jugoslawien. Ferner besuchte der Leiter der Station ebenfalls im Oktober 1967 den Kosmos-Pavillon in der Volkswirtschaftsausstellung der UdSSR in Moskau. Als Ergebnis dieses Besuches konnte ein sehr umfangreiches Bildmaterial gewonnen werden.

Karl-Heinz Neumann

Leiter der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“  
Station der Deutschen Astronautischen Gesellschaft  
und der Redaktion „Junge Welt“

# Bölkow und Messerschmitt fusionieren

Ein neuer westdeutscher Luft- und Raumfahrt-Konzern

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Mitte Juni 1968 ging durch den westdeutschen Blätterwald die Meldung, daß sich die Luft- und Raumfahrtfirmen Bölkow GmbH und Messerschmitt AG zur Messerschmitt-Bölkow GmbH vereinigt haben. Durch diese Vereinigung entsteht ein neuer Konzern, der rd. 12 300 Beschäftigte zählt und dessen Umsatz 1967 etwa 524 Millionen DM betrug. Beide hatten schon bei der Entwicklung des senkrecht startenden Kampfflugzeuges VJ 101 zusammengearbeitet und dafür fast eine Milliarde DM aus der Staatskasse verbraucht. Hinter dieser Fusion stand Bonn: es wünschte vor allem aus militärischen Gründen eine starke Luftfahrt- und Raketenindustrie durch Konzentration der bestehenden Unternehmen; mit solchen Großunternehmen kann Bonn international bestimmter auftreten.

Nachstehende Firmen befinden sich zusätzlich zu den beiden Stammfirmen im Besitz der neugegründeten Messerschmitt-Bölkow GmbH, die sich sobald wie möglich in eine Aktiengesellschaft umwandeln will:

Bölkow-Apparatebau GmbH Nabern/Teck und Schrobenhausen; Entwicklungsring Süd GmbH, München; Junkers Flugzeug- und Motorenwerke GmbH, München; Waggon- und Maschinenbau AG, Donauwörth; Siebel-Flugzeugwerke GmbH, Donauwörth; FUS Avionios Inc., New York.

An den folgenden Unternehmen ist die neue Großfirma prozentual beteiligt: UVP (Union-vertrieb für die Produkte der Bölkow GmbH und der Nord-Aviation) mit 50 %, Airbus GmbH, München, mit 40 %, Union-Leichtflugtechnik GmbH, Bonn, mit 33 $\frac{1}{3}$  %, Société Européenne pour l'Etude de l'Integration des Systemes Spatiaux (SETIS), mit 12 %.

Die neue GmbH hat folgende Gesellschafter: Messerschmitt AG 33 $\frac{1}{3}$  %, Dipl.-Ing. L. Bölkow 16 $\frac{2}{3}$  %, Boeing Company (USA) 16 $\frac{2}{3}$  %, Nord-Aviation (Frankreich) 16 $\frac{2}{3}$  %, Bayerische Landesanstalt für Aufbaufinanzierung 16 $\frac{2}{3}$  %.

Es heißt, daß sich auch der Siemens-Konzern beteiligen will. Ob Dornier mitmachen wird, der Nutzlastspitzen für Höhenraketen entwickelt und baut, ist noch ungewiß.

Vorsitzender des Aufsichtsrates der Neugründung ist Prof. Willy Messerschmitt (70), einst Görings Starkonstrukteur für Jagdflugzeuge und Zerstörer; nach 1945 baute er für Franco Düsenjäger. Sein Vertreter ist der Münchener Bankier Freiherr von Tucher. Dipl.-Ing. Ludwig Bölkow (56) hat die Geschäftsführung übernommen; er war von 1939-1945 bei der Messerschmitt AG Hauptgruppenleiter für Hochgeschwindigkeits-Aerodynamik und Entwicklungsleiter für Jagd- und Strahlflugzeuge. Vor 15 Jahren ging Bölkow wieder ins Luftfahrt- und Raketengeschäft zurück und baute u. a. Panzerabwehrraketen.

Bölkow's Stammunternehmen, die Bölkow-Entwicklungen K. G., hat seinen Sitz in Ottobrunn bei München, wo mehr als 1000 Fachleute an westdeutschen und internationalen Raumfahrtprogrammen arbeiten. Das Stammunternehmen begann mit 2,5 Millionen DM, die je zur Hälfte von Ludwig Bölkow und Wolfgang Essen, Hamburg, aufgebracht wurden. In Ottobrunn steht der größte Hybridrechner Westeuropas. Hier wird zusammen mit dem Entwicklungsring Nord am Bau der dritten Stufe der ELDO-Trägerrakete gearbeitet. Ferner bearbeitet Bölkow seit 1962 maßgeblich den ersten westdeutschen Forschungsatelliten AZUR, der 1969 in den USA mit einer Scout-Rakete in eine polare Umlaufbahn zwischen 313 und 3000 km Höhe gebracht werden soll; die Entwicklungskosten dieses rd. 90 kg schweren Satelliten betragen etwa 65 Millionen DM.

Die Messerschmitt AG Augsburg (Kapital 10,5 Millionen DM, die mit 53,4 % von der Familie Messerschmitt und 46,6 % vom Freistaat Bayern aufgebracht wurden) bringt auf dem Sektor der Raumfahrttechnik die Junkers Flugzeug- und Motorenwerke GmbH München in den neuen Konzern ein. Hier arbeiten seit 1965 etwa 500 Fachleute u. a. am ESRO-Forschungsatelliten HEOS-A (Highly Eccentric Orbit Satellite), der um die Jahreswende 1968/69 mit einer schubverstärkten Thor-Delta-Rakete auf die Umlaufbahn geschickt werden soll.

Die neue Messerschmitt-Bölkow-Gesellschaft stellt eine beachtliche Konzentration von Kapital und wissenschaftlich-technischem Know how dar. Ihre Aktivitäten umfassen die Forschung, Entwicklung und Produktion von Luftfahrt-, Raumfahrt-, Waffen- und Transportsystemen. Auf dem Gebiet der Raumfahrt wird sie sich vor allem dem französisch-westdeutschen Gemeinschaftsprojekt „Symphonie“ widmen – dem Bau eines gemeinsamen Nachrichtensatelliten. Bonn ist zufrieden und wird es an Aufträgen, vor allem auf dem militärischen Sektor, nicht fehlen lassen. Bonn hat seine Monopole noch nie im Stich gelassen.

wurden. Sie werden jetzt von Mitarbeitern der Universität Kischinjaw verallgemeinert, die das Zentrum für die Koordinierung der Tätigkeit des astronomischen Rats der UdSSR, der DDR, Bulgariens, der CSSR, Rumäniens und Ungarns beherbergt.

Die Beobachtung der Satelliten nach Programm ermöglicht es, wertvolle Informationen, darunter Angaben über das Magnetfeld der Erde und über die Wechselwirkung der Sonnenaktivität mit der Erdatmosphäre, zu erhalten und die Pulsation zu studieren, die den Wissenschaftlern erst nach dem Start der ersten Sputniks bekannt wurde. PdsU, 117/88

## Neue Bücher

### Grundkalendarium 1970

Das vorliegende Grundkalendarium wendet sich in erster Linie an die Kalenderverleger, um ihnen zuverlässiges Material für die Herstellung ihrer Kalender zu vermitteln. Somit wird der 1. Teil von einem ausführlichen Kalendarium mit den erforderlichen Kalender- und astronomischen Angaben eingenommen, an die sich eine Übersicht über die gesetzlichen Feiertage und Gedenktage von 1970 bis 1974, sowie kalendergeschichtliche Hinweise anschließen.

Der 2. Teil ist für jeden, der sich in irgendeiner Form mit der Astronomie beschäftigt, von Interesse und spricht damit einen weitaus größeren Kreis an. Hierbei wird zuerst eine monatliche Zusammenstellung der Sichtbarkeitsverhältnisse am Fixsternhimmel gegeben, der eine ausführliche Übersicht über die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten folgt. Im Gegensatz zu den astronomischen Jahrbüchern werden die Koordinaten hier nicht im äquatorialen System angegeben, sondern im Horizontsystem, wobei Berlin als mittlerer Ort genommen wird. Das Grundkalendarium widmet dem sogenannten Sehungsbogen der Sonne, d. h. deren Mindesttiefe unter dem Horizont, besondere Aufmerksamkeit. Für das jährliche Erscheinen und Verschwinden der Planeten sind diese Gesichtspunkte von praktischem Interesse. Ein Nomogramm zur Ermittlung der Höhe und der Himmelsrichtung für die Planeten, den Mond und die Sonne sowie ein sehr instruktives, nach neuen und zweckmäßigen Gesichtspunkten ausgebautes Nomogramm für den Auf- und Untergang sowie für die Kulmination verleihen diesem Teil des Buches einen besonderen Wert. So lassen sich mit Hilfe des zuerst erwähnten Nomogramms Aufgaben aus der sphärischen Astronomie mit ausreichender Genauigkeit lösen, wie die folgende:

Wo steht über der Breite von Berlin der Mond am 15. 4. 1970 um 17 Uhr, 15 Min. Ortszeit?

Eine tabellarische Übersicht über die Sichtbarkeit der Planeten, kalendarische Angaben über auffallende Vorübergänge an Planeten und Fixsternen sowie ausführliche Hinweise auf die Finsternisse und den Merkurvorübergang am 9. 5. ergänzen diesen wertvollen Abschnitt.

Der 3. Teil bringt Zeit- und Ortstafeln mit einer reichen Auswahl an Orten der DDR und BRD zur Feststellung der geographischen Koordinaten und der Abweichungen der MEZ von den Ortszeiten. Dieser Zusammenstellung folgt ein Verzeichnis von verschiedenen Ländern (Gebieten) mit den Abweichungen der dort herrschenden Ortszeiten und gebräuchlichen Zeiten von der Weltzeit.

Der 4. Teil beschließt mit einer Zusammenstellung der gesetzlichen Feiertage, Gedenktage und sonstigen Kalendertage das für Astronomielehrer und Amateurastronomen in vielerlei Hinsicht interessante und für die praktischen Belange wichtige Buch. Der leider im Vergleich zu anderen Büchern hohe Preis ist durch die geringe Auflagenhöhe zu erklären.

A. ZENKERT

Grundkalendarium 1970. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin 1968. 55 Seiten, 25,- M.

# Astronomie und Raumfahrt

